The People's Republic of China

EDICT OF GOVERNMENT

GB 25284 (2010) (Chinese): High-voltage alternating-current automatic circuit reclosers for rated voltages from 12 kV up to and including 40.5 kV

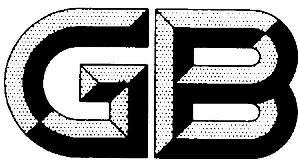


BLANK PAGE





ICS：29.130.10
K43



中华人民共和国国家标准

GB ××××—200×

12 kV～40.5 kV 高压交流自动重合器

High-voltage alternating-current automatic circuit reclosers
for rated voltages from 12 kV up to and including 40.5 kV

（IEC62271-111:2005 High-voltage switchgear and controlgear－Part 111: overhead ,pad-mounted ,dry vault,and submersible automatic circuit reclosers and fault interrupters for alternating current systems up to 38 kV，MOD）

（报批稿）

（本稿完成日期：2009-04）

××××-××-××发布　　　　××××-××-××实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

目　　次

前　　言

本标准的全部技术内容为强制性。

本标准修改采用 IEC 62271-111：2005（第一版）《高压开关设备和控制设备——第 111 部分：交流系统 38 kV 及以下架空型、柱上型、干窨室型、水下型线路自动重合器和故障开断器》。

本标准与 IEC 62271-111：2005 的主要差别体现在：

——适用范围。根据我国电网的实际情况，去掉了 IEC 62271-111 中的额定频率 60 Hz 的有关内容；根据我国重合器的应用情况，适用的电压由“38 kV 及以下”改为“12 kV～40.5 kV”；所适用的产品类型中去掉了“水下型重合器”、“故障开断器”及相关要求的内容。

——正常和特殊使用条件。按 GB/T 11022-1999 第 2 章。

——术语和定义。IEC 62271-111 仅给出“单元操作”的定义，本标准引用和给出的术语大大增加，增加了 C1、C2、E1、E2、M1、M2、S1、S2 级重合器的术语和定义。

——额定值。IEC 62271-111 中“额定最高电压”在本标准中改为“额定电压”。

——额定电压。去掉了与我国电网无关的额定电压数值，按照 GB/T 11022-1999 中所列的电压给出。

——IEC 62271-111 中仅给出“额定雷电冲击耐受电压”，本标准中给出“额定绝缘水平”

——本标准中还给出了“额定短时耐受电流”、“额定峰值耐受电流”、“额定短路持续时间”、“额定操作顺序”、“额定时间参量”等额定值。

——对额定电流、额定短路开断电流等数值按 R10 数系进行了标准化。

——“温升限值”采用 GB/T 11022-1999 表 3。

——“合、分闸装置、辅助和控制回路的额定电源电压”按 GB/T 11022-1999 规定。

——按 GB/T 11022-1999 的规定对第 5 章“设计与结构”增加了 5.1～5.20 部分的内容。增加了“位置指示”、“外壳的防护等级”、“爬电距离”、“气体和真空的密封”、“液体的密封”、“电磁兼容性”等要求，纳入了 IEC 62271-111 第 9 章的部分内容。

——按 GB/T 11022-1999 的规定，第 6 章“型式试验”增加了“概述”部分的内容。

——按 GB/T 11022-1999 和 GB 1984-2003 重新编写了 6.2 绝缘试验。

——删除了“无线电干扰试验”。

——“开合试验”中删除了“负荷电流开合试验”内容，并参照 GB 1984 对线路和电缆充电电流开合试验进行了全面修改，给出了 C1 级和 C2 级的规定。

——增加的型式试验项目有：主回路电阻测量、延长的机械寿命试验、辅助和控制回路的绝缘试验、异相接地故障电流开断试验、短时耐受电流和峰值耐受电流试验、EMC 试验、压力耐受试验、防护等级检验等。

——增加“试品的分组”、“试品的确认”以及“型式试验报告包含的资料”等内容。

——增加“M1 级重合器试验的说明”。

——增加“延长的机械寿命的重合器（M2 级）”的操作次数及试验方法要求。

——增加“参考的机械行程特性（6.101.1.1）”要求。

——增加“环境试验”内容。

——修改并增加了 6.109.1 振荡和快速瞬变浪涌试验的内容。

——第7章“出厂试验”增加了“空载机械操作试验”的详细要求。增加了“主回路电阻测量”。

——删除了IEC 62271-111第8章“现场试验”内容。

——按GB/T 11022-1999增加了第8、9、10、11章。

——删除了IEC 62271-111附录C、附录D、附录E、附录F。

——增加了新的附录C，将IEC 62271-111油重合器的额定电流、额定短路开断电流及性能特点的优选值按R10数系标准化后纳入 。

——增加参考文献。

本标准大部分条文的内容与IEC 62271-111:2005相同，不同之处在主要差别中已给予说明。

本标准应与GB/T 11022-1999一起使用，除非本标准中另有规定，本标准参照GB/T 11022-1999。为了简化相同要求的表示，本标准的章条号与 GB/T 11022-1999 所用的相同。对这些章条内容的补充在同一引用标题下给出，而附加的条款从101开始编号。

本标准的附录C是规范性附录，附录A、附录B 是资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出；

本标准由全国高压开关设备标准化技术委员会（SAC/TC65）归口；

本标准起草单位：西安高压电器研究所、中国电力科学研究院开关所、北京电研华源电力技术有限公司（电力科学研究院农电所）、机械工业高压电器产品质检中心(沈阳)、华仪电器集团有限公司、库柏耐吉（宁波）电气有限公司、宁波天安集团股份有限公司、浙江开关厂有限公司、施耐德（北京）中压电器有限公司、北京科锐配电自动化股份有限公司、四方华能电网控制系统有限公司、宁波耐吉新星自动化设备有限公司

本标准主要起草人：寇政理、田恩文、吴鸿雁、游一民。

本标准参加起草人：吕广潜、孔祥军、张重乐、杨英杰、祝存春、吴红波、沈忠威、朱佩龙、章树、苏伟民、谭远锋、胡兆明、米建强、汪礼平。

12 kV～40.5 kV 高压交流自动重合器

1 概述

1.1 范围

本标准适用于额定电压12 kV～40.5 kV、频率50 Hz的所有柱上型、干窨室型单极或多极高压交流自动重合器。

注： 干窨室是指一种通风的、不会被水淹没的封闭场地。

为尽可能简化本标准，采用术语“重合器”来代替“高压交流自动重合器”。

1.2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 1984－2003　高压交流断路器（IEC 62271-100:2001，MOD）

GB 1985－2004　高压交流隔离开关和接地开关（IEC 62271-102：2002，MOD）

GB/T 2900.20　电工术语 高压开关设备（neq IEC 60050）

GB 2536－1990　变压器油（eqv　IEC 60296:1982）

GB 3804－2004　3.6 kV～40.5 kV高压交流负荷开关（IEC 60265-1:1998，MOD）

GB 3906－2006　3.6 kV～40.5 kV交流金属封闭开关设备和控制设备（IEC 62271-200:2003，MOD）

GB 7674－2008　额定电压72.5 kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备（IEC 62271-203:2003，MOD）

GB/T 7354－2003　局部放电测量（IEC 60270:2000，IDT）

GB/T 8905－1996　六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则（neq IEC 60480;1974）

GB/T 11021－2007　电气绝缘　耐热性分级（IEC 60085：2004，IDT）

GB/T 11022-1999　高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求（eqv IEC 60694:1996）

GB/T 12022－2006　工业六氟化硫　（IEC 376:1971，IEC 376A:1973，IEC 376B:1974，MOD）

GB/T 12706. 1－2002　额定电压1 kV（U_m=1.2 kV）到35 kV（U_m=40.5 kV）挤包绝缘电力电缆及附件　第1部分：额定电压1 kV　（U_m=1.2 kV）到3 kV　（U_m=3.6 kV）电缆（eqv IEC 60502-1：1997）

GB/T 12706. 2－2002　额定电压1 kV（U_m=1.2 kV）到35 kV（U_m=40.5 kV）挤包绝缘电力电缆及附件 第2部分：额定电压6 kV（U_m=7.2 kV）到30 kV（U_m=36 kV）电缆（eqv IEC 60502-2:1997）

GB/T 15166.2－2008　高压交流熔断器　第2部分：限流熔断器　（IEC 60282-1:2005, MOD）

GB/T 16927.1－1997　高电压试验技术 第一部分：一般试验要求（eqv IEC 60060-1:1989）

GB/T 14598.10－2007　电气继电器 第22-4部分：量度继电器和保护装置的电气骚扰试验-电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验（idt IEC 60255-22-4:2002）

GB/T 14598.13－2008　电气继电器 第22-1部分:量度继电器和保护装置的电气骚扰试验 1MHz脉冲群抗扰度试验（IEC 60255-22-1:2007, MOD）

GB/T17626.2－2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验（IEC 61000-4-2:2001，IDT）

GB/T17626.8－2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验（ IEC 61000-4-8:2001，IDT）

IEC 61634:1995 高压开关设备和控制设备中六氟化硫的使用与处理

2 正常和特殊使用条件

GB/T 11022-1999的第2章适用。

3 术语和定义

GB/T 2900.20和GB/T 11022-1999中的定义适用，并做以下补充。

3.101

高压交流自动重合器 high-voltage alternating-current automatic circuit recloser

能够按照预定的开断和重合顺序在交流线路中自动进行开断和重合操作，并在其后自动复位或闭锁的具有控制保护功能的高压开关设备。

3.102

自动操作 automatic operation

仅靠控制装置自动完成预定顺序的操作。

3.103

单元操作 unit operation

一个开断操作后紧跟着一个关合操作。操作顺序中的最后一个开断操作也视为一个单元操作。

注： 见图1。

3.104

瞬时（快）分闸操作 instantaneous (fast) opening operation

在重合器控制装置内部不作任何时延的分闸操作，亦称作快操作。

3.105

延时（慢）分闸操作 time-delay (slow) opening operation

在重合器控制装置内部经过预定时延后才发出操作信号的分闸操作，亦称作慢操作。

3.106

时间—电流特性曲线 time-current characheristic curve

重合器的故障通流时间与开断电流之间的关系曲线。

3.107

瞬时（快）时间—电流特性曲线 instantaneous (fast) characheristic curve

在瞬时分闸操作时，以给定开断电流下故障通流时间最大值绘制的时间—电流曲线。一种产品只有一条。

3.108

延时（慢）时间—电流特性曲线 time-delay (slow) characheristic curve

在延时分闸操作时，以给定开断电流下故障通流时间平均值绘制的时间—电流曲线。一种产品可以有多条。

3.109

合闸闭锁 latched closing

将重合器触头闭锁在分闸位置，无法实现合闸的功能。

3.110

分闸闭锁 latched opening

将重合器触头闭锁在合闸位置，无法实现分闸的功能。

3.111

重合间隔 open-close interval

指重合器触头最后一极分离至下一次重合触头最先一极接触之间的时间间隔。

3.112

复位时间 reset time

计时（数）系统返回至其初始状态所需的时间。

3.113

串联脱扣重合器 series release recloser

靠超过规定值的主回路电流流过一个线圈提供直接或间接打开主触头所必需能量的重合器。

3.114

并联脱扣重合器 shunt release recloser

在分闸控制装置和触头分离机构均不直接从主回路取得能量的情况下，由分闸控制装置释放某种储能装置将触头打开的重合器。

3.115

液压控制重合器 hydraulic operated recloser

利用液压机构控制最小启动电流、时间－电流特性、操作顺序、重合间隔和操作次数的重合器。

3.116

电子控制重合器 electronic operated recloser

利用电子电路控制最小启动电流、时间—电流特性、操作顺序、重合间隔和操作次数的重合器。

3.117

最小启动电流 minimum tripping current

重合器可靠启动实现开断的主回路最小电流值。

3.118

C1 级重合器 class C1 recloser

一种重合器，在规定的型式试验验证容性电流开断过程中具有低的重击穿概率。

3.119

C2 级重合器 class C2 recloser

一种重合器，在规定的型式试验验证容性电流开断过程中具有非常低的重击穿概率。

3.120

E1 级重合器 class E1 recloser

一种不属于3.121定义的E 2级重合器范畴内的、具有基本的电寿命的重合器。基本的电寿命是指符合表1、表C.3和表C.4规定的参数配合条件下对应于第6、8、10、11栏的单元操作次数分别为8、4、4、16。

3.121

E2 级重合器 class E2 recloser

一种重合器，在其预期的使用寿命期间，主回路中开断用的零件不需要维修，其它零件只需要很少的维修（具有延长的电寿命的重合器），其电寿命完全符合表1、表C.3和表C.4规定的参数配合条件下的单元操作次数。

注： 很少的维修是指润滑，如果适用时，可以补充气体以及清洁外表面。

3.122

M1 级重合器 class M1 recloser

一种不属于 3.123定义的M2级重合器范畴内的、具有基本的机械寿命(2000次操作的机械型式试验)的重合器。

3.123

M2 级重合器 class M2 recloser

用于特殊使用要求的、频繁操作的和设计要求非常有限的维护且通过特定的型式试验（具有延长的机械寿命的重合器，机械型式试验为10000次操作）验证的重合器。

注：关于电寿命、机械寿命和容性电流开断过程中的重击穿概率，重合器的不同等级的组合是可能的。对于这些重合器的设计，不同等级的标志应按照字母的顺序组合，例如C1—M2。

3.124

S1 级重合器 class S1 recloser

电缆连接的网络中的重合器，一般情况下，重合器不适用于该场合。

3.125

S2 级重合器 class S2 recloser

用于架空线路中的重合器。

4 额定值

额定值应包括以下项目：

a) 额定电压（U_r）；

b) 额定绝缘水平；

c) 额定频率（f_r）；

d) 额定电流（I_r）；

e) 额定短时耐受电流（I_k）；

f) 额定峰值耐受电流（I_p）；

g) 额定短路持续时间（t_k）；

h) 合、分闸装置、辅助和控制回路的额定电源电压（U_a）；

i) 开断和/或绝缘用压缩气源的额定压力（p_{re}）；

j) 额定最小启动电流；

k) 额定短路开断电流（I_{sc}）；

l) 额定短路关合电流；

m) 额定线路和电缆充电电流（I_l、I_c）；

n) 额定操作顺序。

4.1 额定电压（U_r）

GB/T 11022-1999的4.1适用。

4.2 额定绝缘水平

GB/T 11022-1999的4.2适用。

4.3 额定频率（f_r）

GB/T 11022-1999的4.3适用，重合器额定频率的标准值为50 Hz。

4.4 额定电流（I_r）和温升

GB/T 11022-1999的4.4适用，并作如下补充：

重合器额定电流的优选值为：400，630，1250，3150（A）。

注： 油重合器额定电流的优选值见附录C。

4.5 额定短时耐受电流（I_k）

GB/T 11022-1999的4.5适用。

4.6 额定峰值耐受电流（I_p）

GB/T 11022-1999的4.6适用。

4.7 额定短路持续时间（t_k）

GB/T 11022-1999的4.7适用，并作如下补充：

对于串联脱扣的重合器不需要规定额定短路持续时间。

4.8 合、分闸装置、辅助和控制回路的额定电源电压（U_a）

GB/T 11022-1999的4.8适用。

注 1 ：建议长期连接在直流电源上的合闸、辅助及脱扣装置的线圈应当直接和负极性的控制总线连接以使电解腐蚀最小。

注 2 ：只有当设备位于电池附近或者采取了措施确保在电池和控制端子间有足够截面的导体时，才推荐使用24 V或48 V的脱扣、合闸以及辅助功能的装置。

注 3 ：继电器、电动机和其他辅助装置作为设备的控制功能部分，无论是安装在设备上还是在远方，都应当承受本标准强制的电压限值。

注 4 ：在一些应用中，重合器有可能承受由于异常条件如线路负荷突变引起的控制电压超过限值的情况。这种应用需要与制造厂商议并进行专门的研究。同样，使用晶体管控制的重合器遭受连续的接近所述的控制电压范围上限值的情况，在应用之前也需要加以重视并与制造厂协商。

注 5 ：对于自带直流电源的重合器，GB/T 11022-1999关于脱扣器操作的电源电压范围不适用。

4.9 合、分闸装置和辅助回路的额定电源频率

GB/T 11022-1999的4.9适用。

4.10 开断和/或绝缘用压缩气源的额定压力（p_{re}）

GB/T 11022-1999 的 4.10 适用，并做如下补充：

除非制造厂另有规定，额定压力的标准值为：

0.1，0.2，0.3，0.4 MPa。

4.101 额定最小启动电流

串联脱扣重合器的额定最小启动电流应为额定电流的两倍，允许误差为±10%。

并联脱扣的重合器，最小启动电流是可变的，并且与额定电流无关，产品技术条件应给出具体数值，其允许误差为±10%。

4.102 额定短路开断电流（I_{sc}）

表1的第4栏给出了重合器额定短路开断电流的优选值。

额定短路开断电流是指在表1、表C.3和表C.4的栏5、7和栏9给出的回路X/R值，工频恢复电压等于额定电压、且在6.104.1.5规定的瞬态恢复电压条件下重合器开断相应的非对称电流的能力。

注： 油重合器额定短路开断电流的优选值见附录C。

4.103 额定短路关合电流

额定短路关合电流的数值（有效值）应与额定短路开断电流数值相等，且最大非对称度相应于表1、表C.3和表C.4栏9给出的X/R比值。

4.104 额定操作顺序

重合器的额定操作顺序定义为：

O－t_1－CO－t_2－CO－t_3－CO－闭锁。

其中：O表示分闸，C表示合闸， CO表示瞬时或延时的合分闸操作（金短时间取决于时间—电流特性曲线）。t_1，t_2，t_3分别表示第一、第二、第三次重合间隔，t_1＝0.3s，t_2，t_3一般是可调的，但受下列约束：t_2≥2s，t_3≥2s。

4.105　额定线路和电缆充电开断电流（I_l、I_c）（适用时）

具有这些能力的重合器优选的线路和电缆充电开断电流额定值在表2中给出。

4.106　额定时间参量

GB 1984-2003的4.109（重合闸时间除外）适用。

5　设计与结构

5.1　重合器中液体的要求

GB/T 11022-1999的5.1适用。

5.2　重合器中气体的要求

GB/T 11022-1999的5.2适用。

5.3　重合器的接地

GB/T 11022-1999的5.3适用，并做如下补充：

与重合器独立安装的控制箱或包含有依靠永久接地元件来吸收浪涌的控制箱也应具有接地连接的措施。

适用时重合器的每一组三相电缆入口处应设有附加接地连接。

5.4　辅助设备和控制设备

GB 1984-2003 的 5.4 适用。

5.5　动力操作

GB 1984-2003 的 5.5 适用。

5.6　储能操作

GB 1984-2003 的 5.6 适用。

5.7　不依赖人力的操作

GB/T 11022-1999的5.7不适用于重合器。

5.8　脱扣器的操作

GB/T 11022-1999的5.8适用。

5.9　低压力和高压力闭锁装置

GB 1984-2003的5.9适用。

5.10　铭牌

GB/T 11022-1999的5.10适用，并做如下补充：

重合器及其操动机构、控制装置的铭牌应按表3的内容标注。

操动机构的线圈应有一个参考标识，以便用户能从制造厂获得全部数据。

脱扣器应带有适当的数据。

在正常工作和安装位置铭牌均应明显可见。

5.11　联锁装置

GB/T 11022-1999 的 5.11 适用。

5.12　位置指示

GB/T 11022-1999的5.12适用，并做如下补充：

重合器上提供的位置指示器应易于从外部观察。对干窨室型重合器如果要观察位置指示器可能要求打开围档或盖板。

注： 建议字符采用荧光漆喷涂。

5.13 外壳的防护等级

GB/T 11022-1999 的 5.13 适用。

5.14 爬电距离

GB/T 11022-1999 的 5.14 适用。

5.15 气体和真空的密封

GB/T 11022-1999 的 5.15 适用，并做如下补充:气体封闭压力系统的相对年漏气率标准值为: 0.5%。

5.16 液体的密封

GB/T 11022-1999 的 5.16 适用。

5.17 易燃性

GB/T 11022-1999 的 5.17 适用。

5.18 电磁兼容性（EMC）

GB/T 11022-1999 的 5.18 适用。

5.19 X 射线

GB/T 11022-1999 的5.19适用。

5.20 腐蚀

GB/T 11022-1999 的5.20适用。

5.101 单合和单分操作时的极间同期性要求

GB 1984-2003 的 5.101 适用。

5.102 操作的一般要求

重合器及其操动机构应能在 GB/T 11022-1999 第 2 章确定的温度级别的整个环境温度范围内，按 5.5～5.9 相关的规定完成其额定操作顺序（见 4.104）。

5.103 外壳结构

5.103.1 外壳材料和涂层

外壳和所有的附件应当用防腐材料制成或涂有抗冲击耐腐蚀涂层并适合在无遮盖的地方贮存。

5.103.2 积水问题

外壳或附件的外部部件不应有积水的结构。

5.103.3 外壳支撑

外壳及其固定装置应提供坚固、稳定的支撑。

5.103.4 起吊钩环

重合器应提供起吊钩环，其位置的设置应保证重合器在起吊时保持水平，且应避免起吊索与设备上的附件（套管、操作手柄等）之间的相互影响以及起吊时刮伤或损坏外壳漆层。

5.104 排逸孔

GB 1984-2003 的 5.104 适用。

5.105 绝缘介质指示

当使用液体或气体作为绝缘介质时，应具有便于运行人员在重合器带电时确定绝缘液体的液位或绝缘气体的状态的指示器。指示器示出设备是否在安全的运行范围内。

5.106 机构储能指示

储能操动机构上使用指示器时，采用服从地方法规或标记要求的下列颜色。

a)机构已储能用黑色文字“**已储能**”，黄色背景指示。

b)机构未储能用黑色文字“**未储能**”，白色背景指示。

5.107 手动操作规定

重合器上可能需要提供手动操作杆以进行合、分闸操作。操作杆应适合于用带电操作棒来操作。

表1　重合器额定短路开断电流和性能特点的优选值

				标准操作方式　（注1和3）						
				T20		T50		T100		总单元操作次数
				额定短路开断电流的百分数						
				10－20		45－55		100－110		
序号	额定电压（kV）	未使用（注5）	额定短路开断电流（kA）	X/R（注4）	单元操作次数	X/R（注4）	单元操作次数	X/R（注4）	单元操作次数	
第1栏	第2栏	第3栏	第4栏	第5栏	第6栏	第7栏	第8栏	第9栏	第10栏	第11栏
1	12	—	2.0	2	52	5	68	10	18	138
2			6.3	3	48	7	60	14	16	124
3			8.0	4	44	8	56	（注2）	16	116
4			12.5							
5			16.0							
6			20.0							
7	24	—	8.0	3	44	8	56	（注2）	16	116
8			10.0							
9			12.5	4						
10			16.0							
11			20.0							
12	40.5	—	8.0	4	44	8	56	（注2）	16	116
13			12.5							
14			16.0							
15			20.0							

注1：　这是本标准中作为试验要求的性能特点的描述。

注2：　时间常数为45 ms时，X/R取14。

注3：　标准操作方式通过测量触头烧蚀来描述半寿命期。对允许的触头烧蚀情况的判断可参考制造厂提供的方法。

注4：　为了试验的目的，X/R之值为最小值，参阅4.102和6.104.2。

注5：　第3栏在表1中没有使用；列入是为了与表C.3和表C.4一致。

表2　线路和电缆充电开断电流的优选额定值

额定电压（kV）	电流（A）	
	线路充电电流	电缆充电电流
12	10	10
24	10	31.5
40.5	10	50

表3　铭牌参数

	缩写	单位	重合器	操动机构	控制装置	条件：仅当需要时才标注
1	2	3	4	5	6	7
制造厂			×	×	×	
型号或系列号			×	×	×	
额定电压	U_r	kV	×			
额定雷电冲击耐受电压	U_p	kV	×			
额定频率	f_r	Hz	Y			对 50 Hz 不适用时
额定电流	I_r	A	×			
额定短路持续时间	t_k	s	Y			不同于 1 s 时
额定短路开断电流	I_{sc}	kA	×			
额定线路充电开断电流	I_l	A	（×）			
额定电缆充电开断电流	I_c	A	（×）			
操作用的额定压力	p_{rm}	MPa		（×）		
开断和/或绝缘用的额定压力	p_{re}	MPa	（×）			
合闸和分闸装置的额定电源电压	U_{op}	V		（×）		
合闸和分闸装置的额定电源频率		Hz		（×）		
额定电源电压		V			Y	电子控制装置有外接电源时
额定电源频率		Hz			Y	电子控制装置有外接电源时
额定输出电压		V			Y	电子控制装置时
额定输出电流		A			Y	电子控制装置时
质量（包括油重合器的油）	M	kg	Y	Y		超过 300 kg 时
开断用流体的质量	m	kg	Y			SF6 重合器或油重合器时
额定操作顺序			×			
制造年份			×	×	×	
温度等级			Y	Y	Y	不同于：户内-5 ℃；户外-25 ℃
分级			Y			不同于 E1 级、C1 级和 M1 级时
标有发布日期的相关标准			×	×	×	
注 1：×表示这些值的标注是强制性的；空格表示此值为零；（×）表示这些值的标注是可选的； Y表示按照栏7中的条件标注的值； 注 2：栏2中的缩写可以代替栏1中的术语。采用栏中的术语时可不出现“额定”。						

5.108 计数器

重合器上应装设计数器以记录总的操作次数。

5.109 导线端子尺寸

套管端子的尺寸应满足通过重合器的额定电流且温升不超过4.4规定值。

注： 配有电缆终端的重合器，除非用户另有规定，其套管与电缆终端的配合应符合GB/T 12706.2-2002的规定。

5.110 其他要求

当合闸送电遇到预伏性故障断开后，重合器的设计必须保证快开断一次后立即闭锁，不得按预定程序自动重合。

6 型式试验

6.1 概述

按GB/T 11022-1999第6 章的规定，并做如下补充：

型式试验的试品应与正式生产产品的图样和技术条件相符合，下列情况下， 重合器应进行型式试验：

a）新试制的产品，应进行全部型式试验；

b）转厂及异地生产的产品，应进行全部型式试验；

c）当产品的设计、工艺或生产条件及使用的材料发生重大改变而影响到产品性能时，应做相应的型式试验；

d）正常生产的产品每隔八年应进行一次温升试验、机械操作试验、短时耐受电流和峰值耐受电流试验以及关合和开断试验（按T100方式，进行1个额定操作顺序）、额定最小启动电流试验、时间—电流特性验证（快曲线和最慢1条曲线）；

e）不经常生产的产品（停产三年以上），再次生产时应进行d）规定的试验；

f）对系列产品或派生产品，应进行相关的型式试验，部分试验项目可引用相应的有效试验报告。

型式试验和验证项目包括:

——强制的型式试验：

a) 绝缘试验； 6.2

b) 主回路电阻的测量； 6.4

c) 温升试验； 6.5

d) 电磁兼容性试验（EMC）； 6.9

e) 机械试验和环境试验； 6.101

f) 关合和开断能力的验证； 6.102 、6.103、6.104

g) 异相接地故障开断能力试验。 6.105

h) 最小启动电流试验； 6.106

i) 时间—电流特性试验； 6.108

——适用时，强制的型式试验：

j) 局部放电试验。 6.2.9

k) 短时耐受电流和峰值耐受电流试验； 6.6

l) 防护等级检验； 6.7

m) 密封试验； 6.8

n) 涌流试验； 6.107

o) 浪涌耐受能力试验； 6.109

p) 压力耐受试验； 6.110

——选用的型式试验（根据制造厂和用户之间的协议）

q）机械撞击试验。 6.7.2

型式试验可能有损于被试部件以后的正常使用，所以，如果没有制造厂和用户之间的协议，型式试验的试品不应投入使用。

6.1.1 试验的分组

GB/T 11022-1999 的 6.1.1 适用。

6.1.2 确认试品用的资料

GB/T 11022-1999的6.1.2适用。

6.1.3 型式试验报告包括的资料

GB/T 11022-1999的6.1.3适用。

6.1.101 试品的状态

试验必须在产品挂网之前进行，并应选用新的、状态良好的重合器。

6.1.102 试品的安装

重合器的安装方式应符合设计要求的正常运行条件。重合器必须带有控制装置进行试验，并满足下列基本要求：

a）控制装置按制造厂设计的意图安装在重合器上或安置在距受试重合器端子 2 m 内的位置；

b）重合器与控制装置之间用制造厂提供的电缆连接，电缆长度为制造厂允许的最大长度。

注： 如果由制造厂配套的控制装置是与重合器集成为一体安装或安装在重合器内部，上述a)和b)的情况可视为零长度控制电缆。

6.1.103 试品的接地

重合器以及所配用的控制装置的所有可接地部件，以及控制装置的接地部件，应通过导线连接到接地端子上接地。

6.1.104 电源频率

电源电压的额定频率的误差应当是额定值的±5%。

6.1.105 控制电压

重合器应在4.8规定的控制电压的范围内正常动作。

6.2 绝缘试验

重合器应耐受试验电压且其自身及控制装置不会损坏，试验条件满足6.1和下列要求。

重合器的绝缘试验仅在其与系统电压完全隔离的情况下进行。

6.2.1 试验时的周围大气条件

GB/T 11022-1999的6.2.1适用。

6.2.2 湿试程序

GB/T 11022-1999的6.2.2适用。

6.2.3 绝缘试验时重合器的状态

GB/T 11022-1999的6.2.3适用。

6.2.4 通过试验的判据

GB 1984－2003的6.2.4适用。

6.2.5 试验电压的施加和试验条件

GB/T 11022-1999的6.2.5适用。

6.2.6 U_r≤252kV 的重合器的试验

GB/T 11022-1999的6.2.6适用。

6.2.6.1 工频电压试验

GB/T 11022-1999的6.2.6.1适用。

6.2.6.2 雷电冲击电压试验

GB/T 11022-1999的6.2.6.2适用。

6.2.7 U_r≥252kV 的重合器的试验

GB/T 11022-1999的6.2.7不适用，本标准的电压范围限于12 kV～40.5 kV。

6.2.8 人工污秽试验

GB/T 11022-1999的6.2.8适用。

6.2.9 局部放电试验

GB 1984－2003的6.2.9适用。

6.2.10 辅助和控制回路的试验

GB/T 11022-1999的6.2.10适用。

6.2.11 作为状态检查的电压试验

GB/T 11022-1999的6.2.11适用。

6.3 无线电干扰电压（r.i.v.）试验

不适用。

6.4 主回路电阻的测量

GB/T 11022-1999的6.4适用。

6.5 温升试验

按6.1的规定进行6.5.1至6.5.3试验时，重合器在额定电流时的状态和温升极限应满足4.4的规定。

6.5.1 受试重合器的状态

GB/T 11022-1999的6.5.1适用。

6.5.2 重合器的布置

GB/T 11022-1999的6.5.2适用，并作如下补充：

连接到重合器每个端子上的导体最小长度为1.2 m。对设计采用绝缘电缆的重合器，电缆按重合器的额定电流和额定电压选择。

6.5.3 温度和温升的测量

GB/T 11022-1999的6.5.3适用。

6.5.4 周围空气温度

GB/T 11022-1999的6.5.4适用。

6.5.5 辅助和控制设备的温升试验

GB/T 11022-1999的6.5.5适用。

6.5.6 温升试验的解释

GB/T 11022-1999的6.5.6适用。

6.6 短时耐受电流和峰值耐受电流试验

GB/T 11022-1999的6.6适用。并做如下补充：

串联脱扣的重合器不适用。

6.7 防护等级检验

6.7.1 IP 代码的检验

GB/T 11022-1999 的 6.7.1 适用。

6.7.2 机械撞击试验

GB/T 11022-1999 的 6.7.2 适用。

6.8 密封试验

GB/T 11022-1999 的 6.8 适用。

6.9 电磁兼容性（EMC）试验

GB/T 11022-1999的6.9适用，并作如下补充：

6.9.101　静电放电抗扰度试验

静电放电抗扰度试验应该按照GB/T 17626.2进行。试验等级应不低于3级。

6.9.102　工频磁场抗扰度试验

工频磁场抗扰度试验应该按照GB/T 17626.8进行。试验等级应不低于3级。

6.101　机械试验和环境试验

GB 1984-2003的6.101适用，并作如下补充：

在本标准6.1.4、6.1.5、6.1.6规定的条件下进行6.101.2试验时，重合器应满足机械性能要求。

6.101.1　机械试验和环境试验的各项规定

6.101.1.1　参考的机械行程特性

GB 1984-2003的6.101.1.1适用。

6.101.1.2　单元试验

GB 1984-2003的6.101.1.2适用。

6.101.1.3　试验前后应记录的重合器的特性和整定值

GB 1984-2003的6.101.1.3适用。

6.101.1.4　重合器在试验中和试验后的状态

GB 1984-2003的6.101.1.4适用。

6.101.1.5　辅助和控制设备在试验中和试验后的状态

GB 1984-2003的6.101.1.5适用。

6.101.2　周围空气温度下的机械操作试验

6.101.2.1　概述

机械操作试验应在试验地点的周围空气温度下进行。周围空气温度应记录在试验报告中，应包括作为操动机构组成部件的辅助设备。

重合器应经受最少2000次“合—分”操作而不检修。在2000次操作中，应包括至少200次手动操作。试验时将重合器调整到额定操作顺序锁定，如果重合间隔可调，应设定为重合器设计的最小重合间隔。

试验中，允许按照制造厂的说明书进行润滑，但不允许进行机械调整或其他类型的维修。

6.101.2.2　M1 级重合器试验的说明

重合器应按表4进行试验。

表4　机械操作试验顺序及次数

操作顺序	控制电压和操作压力	操作顺序数	操作次数
O-t_1-CO-t_2-CO-t_3-CO-ta-C	最高值	100	400
O-t_1-CO-t_2-CO-t_3-CO-ta-C	额定值	250	1000
O-t_1-CO-t_2-CO-t_3-CO-ta-C	最低值	100	400
C-ta-O-ta	手动操作	200	200
注：O表示分闸，C表示合闸；ta表示两次操作之间的时间间隔；t_1，t_2，t_3分别表示第一、第二、第三次重合间隔。如果重合间隔可调，试验时应设定为重合器设计的最小重合间隔。			

6.101.2.3　特殊使用要求下 M2 级重合器的延长的机械寿命试验

GB 1984-2003的6.101.2.4适用。

6.101.2.4　机械操作试验的判据

GB 1984-2003的6.101.2.5适用，并作如下补充：

在额定操作电压下对重合器进行操作顺序和功能验证，同时记录重合间隔时间，操作顺序，快或慢动作的时间及施加的电流，进行5个额定操作顺序。

注：对于用电流互感器提供电流信号的重合器进行6.101.2的试验时，也可以采用按互感器变比折算的二次电流进行模拟试验。

6.101.3 低温和高温试验

GB 1984-2003的6.101.3适用。

6.101.4 湿度试验

GB 1984-2003的6.101.4适用。

6.101.5 严重冰冻条件下操作的验证试验

GB 1984-2003的6.101.5适用。

6.101.6 端子静负载试验

GB 1984-2003的6.101.6适用。

6.102 开合试验

开合试验是重合器要求的性能。本部分仅包括与线路和电缆充电相关的容性电流以及空载变压器的励磁电流的开合试验。

6.102.1 概述

开合能力用下列术语表述：

a）试验电压；

b）试验电流；

c）试验回路；

d）操作次数。

6.102.1.1 试验用重合器的状况

重合器应当是新的或在良好状态下的。

6.102.1.2 单相和三相试验

不允许用单相试验来验证三相的开合性能。

注：本标准限于额定电压为12 kV～40.5 kV的范围，多数试验室都能满足本标准的开合试验要求，不需要采用单相试验验证三相性能的方法。

进行三相试验时，负荷侧中性点或者电源侧中性点接地，不能两端都接地。进行单相试验时，试验回路中应当设置一个接地点。

6.102.1.3 试验电流

开断电流应当是具有可忽略直流分量的对称电流。在因关合回路而产生的瞬态电流衰减前，重合器的触头不允许分离。

对于三相试验，电流是所有极开断电流有效值的平均值。每一极的电流与平均值的差异不得超过10%。

试验电流值应等于或大于额定值。

6.102.1.4 工频试验电压

工频试验电压是相间电压的平均值，应在最后一相电弧熄灭后1至1.5个周波的时间内测量。也可以采用相对地电压的平均值乘以1.732来替代。

在三相重合器上进行三相试验或在单相重合器上进行试验时的试验电压应等于或大于重合器的额定电压。每相的电压与平均值的差异不得超过10 %。

额定工频试验电压应在熄弧后保持至少0.3 s。

6.102.2 线路充电电流和电缆充电电流开合试验

6.102.2.1 适用性

线路和电缆充电电流的开合与重合器要求的性能有关。线路充电电流开合试验适用于开合空载的三相架空线路的所有重合器，电缆充电电流开合试验适用于开合一定长度的空载铠装电缆的充电电流的重合器。

试验也适用于架空线和一段较短电缆串联的工况。本试验的目的是验证重合器与线路和电缆开断电流额定值有关的容性电流的开合能力。

注：如果总的充电电流不超过架空线充电电流的20 %，且与重合器邻近的整段电缆的充电电流不超过架空线充电电流的10 %，则电缆可视为短的。无论如何，总的电流应不超过额定线路充电开断电流。

6.102.2.2 概述

容性电流开合试验时允许出现复燃。根据重合器的重击穿性能可以将其分成两级：

——C1级：特定的型式试验（6.102.2.9.2）验证的容性电流开合试验中具有低的重击穿概率。

——C2级：特定的型式试验（6.102.2.9.1）验证的容性电流开合试验中具有非常低的重击穿概率。

6.102.2.3 电源回路的特性

GB 1984－2003的6.111.3（除电容器组电流开合外）适用。

6.102.2.4 电源回路的接地

GB 1984－2003的6.111.4（除电容器组电流开合外）适用。

6.102.2.5 被开合的容性回路的特性

GB 1984－2003的6.111.5.1，6.111.5.2适用。

6.102.2.6 电流波形

GB 1984－2003的6.111.6适用。

6.102.2.7 试验电压

GB 1984－2003的6.111.7适用。

6.102.2.8 试验电流

线路和电缆充电开断电流的优选额定值从表2中选取。

6.102.2.9 试验方式

每一个试验系列的试验方式应在不经任何维修的一台试品上进行。采用下述缩写：

——线路充电电流，试验方式1　　LC1；

——线路充电电流，试验方式2　　LC2；

——电缆充电电流，试验方式1　　CC1；

——电缆充电电流，试验方式2　　CC2。

容性电流开合试验应由表5规定的试验方式组成。

6.102.2.9.1 C2 级重合器的试验条件

6.102.2.9.1.1 C2 级试验方式

GB 1984－2003的6.111.9.1.1(除表17、电容器组电流开合外)适用，并作如下补充：

GB 1984－2003的6.111.9.1.1规定的预备试验，在本标准中按表1、表C.3和表C.4中规定的试验方式T50进行。

C2级试验方式见表5。

6.102.2.9.1.2 C2 级三相线路充电和电缆充电电流开合试验

GB 1984－2003的6.111.9.1.2适用。

6.102.2.9.1.3 单相线路充电和电缆充电电流开合试验

GB 1984－2003的6.111.9.1.3适用。

6.102.2.9.2 C1 级重合器的试验条件

6.102.2.9.2.1 C1 级试验方式

GB 1984－2003的6.111.9.2.1(除表18、电容器组电流开合外)适用，并作如下补充：

C1级试验方式见表5。

6.102.2.9.2.2 单相和三相容性电流开合试验

GB 1984－2003的6.111.9.2.2（除电容器组电流开合外）适用。

6.102.2.9.3 存在接地故障时相应的开断试验条件

GB 1984－2003的6.111.9.3 a）适用。

表5 容性电流开合试验方式

试验方式	脱扣器的操作电压	操作和开断用的压力	试验电流为额定容性开断电流的百分比（％）	操作型式或操作顺序
1（LC1、CC1）	最高电压	C2级：最低功能压力 C1级：额定压力	10～40	0
2 （LC2、CC2）	最高电压	额定压力*	≥100	C2级：0和CO或CO C1级：CO
注1：在脱扣器的最高操作电压下进行试验是为了便于稳定地控制分闸操作； 注2：为了试验方便，试验方式1（LC1、CC1）也可进行CO操作。				
* C1级试验时，如果适用，开断和操作用的压力，应在最低功能压力条件下至少进行3次CO操作，一次在最短燃弧时间时进行，两次在最长燃弧时间时进行。				

6.102.2.10 规定TRV的试验

GB 1984－2003的6.111.10适用。

6.102.2.11 通过试验的判据

6.102.2.11.1 概述

如果满足下述条件，重合器就成功地通过了试验：

a）GB 1984－2003的6.111.11.1 a）适用。

b）GB 1984－2003的6.111.11.1 b）适用。

c）开合试验方式的试验系列后，重合器应符合本标准6.111规定的状况。如果试验方式1和试验方式2中未出现重击穿，外观检查就已足够。

6.102.2.11.2 按C2级要求进行试验的重合器重新划分为C1级重合器的判据

如果满足上述项a）和项c），并且满足下述一种条件，则按C2级试验程序进行试验的重合器可以看作C1级重合器：

a）满足C2级通过试验的判据。

b）线路充电电流开合试验（LC1和LC2）或电缆充电电流开合试验（CC1和CC2）中重击穿的总次数不大于：

——第一个操作系列中2次，即三相试验时48次和单相试验时96次，见6.102.2.9.1.2和6.102.2.9.1.3（没有进行重复的试验系列），或

——第一个操作系列中1次，即三相试验时48次和单相试验时96次，见6.102.2.9.1.2和6.102.2.9.1.3，不考虑重复的试验系列中的重击穿次数。

6.102.3 变压器励磁电流开合试验

正常情况下认为已经通过了6.104规定的故障开断试验的重合器也能够开断相当于额定电压40.5 kV及以下、额定容量2500 kVA及以下的配电变压器的空载励磁电流，因此，不规定此项试验。如果要求进行试验，推荐开合典型的变压器。

6.103 关合短路电流的能力

6.104.4中的标准操作方式试验提供了验证重合器关合和承载额定短路开断电流能力的依据。

6.104　额定短路开断电流试验

6.104.1　一般要求

6.104.1.1　被试重合器的状况

重合器应当是新的或处于良好状态的。

6.104.1.2　单相和三相试验

如果重合器的三极由一台共用机构操动或者在开断期间其灭弧介质因燃弧污染对相间绝缘有影响，则应进行三相试验。相反，如果三极分别由独立的机构操动且在开断期间因燃弧污染对相间绝缘没有影响，则允许进行单相试验。

如果进行三相试验，当试验的重合器打算用于多重接地星形系统时，对表1、表C.3和表C.4第6栏规定的单元操作次数的四分之一，电源和负荷侧的中性点都应接地。否则，三相试验时，或者负荷侧中性点接地，或者电源侧接地，但不能都接地。如果进行单相试验，试验回路中应设置一处接地。

6.104.1.3　试验电流

对于三相试验，电流是所有极开断电流有效值的平均值。每极电流的变化应不超过平均值的10 %。电流应按GB 1984-2003规定的方法进行计算。

试验电流应等于或大于额定值。

6.104.1.4　工频试验电压

工频试验电压应依照GB 1984-2003计算。

在三极重合器上进行三相试验和单相重合器进行试验时，试验电压应大于或等于重合器的额定电压。每一相的电压变化应不超过平均值的10%。

6.104.1.5　与额定短路开断电流相关的瞬态恢复电压（TRV）

与额定短路开断电流相关的瞬态恢复电压（TRV）是制定重合器在故障情况下应能耐受的回路预期瞬态恢复电压限值的参考电压。

6.104.1.5.1　TRV 波形的表示法

瞬态恢复电压的波形随实际回路的布置而变。在重合器应用于额定电压为12～40.5 kV的系统中，瞬态恢复电压近似于一个衰减的单频振荡。该波形可用两参数法确定的两条线段组成的包络线来充分表示，一个电压参数和一个时间参数。该包络线是由典型配电线路产生的具有1- cos波形的TRV的直线边界。绘制TRV包络线的方法见GB 1984－2003的附录C。

由于重合器电源侧局部电容的影响，在TRV的最初几微秒内产生较低的电压上升率。这已通过引入一个时延来加以考虑。

6.104.1.5.2　TRV 的表示法

用下列参数表示TRV：

a) 两参数参考线（见图 2）

u_c=参考电压（TRV峰值），kV ［式（3）］；

t_3=到达u_c的时间，μs。

TRV参数定义为额定电压（U_r）、首开极系数（k_{pp}）和振幅系数（k_{af}）的函数如下：

$$u_c = k_{pp} \times k_{af} \times U_r \times \sqrt{\frac{2}{3}} \qquad (3)$$

式中：

k_{af}=1.54，端子故障；

u_c/t_3=RRRV,恢复电压上升率规定为基于典型系统测量的系统电压的函数；

t_3是由u_c和恢复电压上升率的规定值u_c/t_3=RRRV而导出的。

b) TRV 的延迟线（见图 2）

t_d=时延，μs；

u'=参考电压，kV；
t'=到达u'的时间，μs。

时延线始于时间轴上的额定时延t_d，与额定TRV参考线的第一段平行，止于电压u'处（时间坐标为t'）。

t_d=0.15×t_3，u'=u_c/3,且

t'是由图2中的u'、u_c/t_3和t_d导出的，$t'=t_d+u'/RRRV$。

6.104.1.5.3 与额定短路开断电流相关的 TRV 的标准值

6.104.1.5.2中采用两参数法描述了重合器TRV的标准值。TRV峰值u_c、TRV恢复电压上升率RRRV及到达TRV峰值的时间$t_3=u_c/RRRV$的优选值在表6a)、表6b)、表6c)、表6d)、表6e）、表6f)中给出。这些参数可用来规定TRV。

表6 不同额定条件下 TRV 值的列表描述

表序号	1极或3极	应 用	开断电流
表 6a)	3	架空线连接的回路	＞4 kA
表 6b)	1		＞4 kA
表 6c)	3	电缆连接的回路	＞4 kA
表 6d)	1		＞4 kA
表 6e)	3	架空线和电缆连接的回路	≤4 kA
表 6f)	1	架空线和电缆连接的回路	≤4 kA

表 6a） 在架空线路中使用的额定短路开断电流＞4 kA 有效值的三相重合器用两参数表示的预期瞬态恢复电压标准值

额定电压 U_r (kV)	试验方式	首开极系数 k_{pp}	振幅系数 k_{af}	TRV 峰值 u_c (kV)	时间 t_3 (μs)	时延 t_d (μs)	电压 u' (kV)	时间 t' (μs)	上升率 u_c/t_3 kV/μs
12	T100	1.5	1.54	22.6	29.4	4	7.5	14	0.77
	T50	1.5	1.68	24.7	17.0	3	8.2	8	1.45
	T20	1.5	1.77	26.0	11.8	2	8.7	6	2.21
24	T100	1.5	1.54	45.3	41.5	6	15.1	20	1.09
	T50	1.5	1.68	49.3	24.1	4	16.4	12	2.05
	T20	1.5	1.77	52.1	16.6	2	17.4	8	3.13
40.5	T100	1.5	1.54	76.4	59.7	9	25.5	29	1.28
	T50	1.5	1.68	83.3	34.6	5	27.8	17	2.41
	T20	1.5	1.77	87.8	23.9	4	29.3	12	3.67

表中的规定值	表中的计算值
U_r = 额定电压 k_{pp} = 首开极系数 k_{pp} = 1.5 k_{af} = 振幅系数 k_{af} (T100) = 规定值＝1.54 k_{af} (T50) = k_{af} (T100)×1.09=1.68 k_{af} (T20) = k_{af} (T100)×1.15=1.77 RRRV = 恢复电压上升率 RRRV(T100) = 规定值 RRRV(T50) = RRRV(T100)×1.88 RRRV(T20) = RRRV(T100)×2.87	u_c = TRV 峰值 $u_c = k_{pp} \times k_{af} \times U_r \times \sqrt{\frac{2}{3}}$ t_3 = 达到 u_c 的时间 $t_3 = u_c$/RRRV t_d = 时延线的时延 $t_d = 0.15 \times t_3$ u' = 时延线的电压点 $u' = u_c/3$ t' = 达到 u' 的时间 $t' = t_d + u'$/RRRV

注： TRV值是对非接地系统计算的，也适用于接地系统。

表 6b） 在架空线路中使用的额定短路开断电流＞4 kA 有效值的单相重合器
用两参数表示的预期瞬态恢复电压标准值

额定电压	试验方式	首开极系数	振幅系数	TRV 峰值	时间	时延	电压	时间	上升率
U_r		k_{pp}	k_{af}	u_c	t_3	t_d	u'	t'	u_c/t_3
(kV)				(kV)	(μs)	(μs)	(kV)	(μs)	kV/μs
12	T100	1.732	1.54	26.1	33.9	5	8.7	16	0.77
	T50	1.732	1.68	28.5	19.7	3	9.5	10	1.45
	T20	1.732	1.77	30.1	13.6	2	10.0	7	2.21
24	T100	1.732	1.54	52.3	48.0	7	17.4	23	1.09
	T50	1.732	1.68	57.0	27.8	4	19.0	13	2.05
	T20	1.732	1.77	60.1	19.2	3	20.0	9	3.13
40.5	T100	1.732	1.54	88.2	68.9	10	29.4	33	1.28
	T50	1.732	1.68	96.2	39.9	6	32.1	19	2.41
	T20	1.732	1.77	101.4	27.6	4	33.8	13	3.67

表中的规定值	表中的计算值
U_r = 额定电压	u_c = TRV 峰值
k_{pp} = 首开极系数	$u_c = k_{pp} \times k_{af} \times U_r \times \sqrt{\frac{2}{3}}$
k_{pp} = 1.732	t_3 = 达到 u_c 的时间
k_{af} = 振幅系数	$t_3 = u_c$/RRRV
k_{af} (T100) = 规定值＝1.54	t_d = 时延线的时延
k_{af} (T50) = k_{af} (T100)×1.09=1.68	$t_d = 0.15 \times t_3$
k_{af} (T20) = k_{af} (T100)×1.15=1.77	u' = 时延线的电压点
RRRV = 恢复电压上升率	$u' = u_c/3$
RRRV(T100) = 规定值	t' = 达到 u' 的时间
RRRV(T50) = RRRV(T100)×1.88	$t' = t_d + u'$/RRRV
RRRV(T20) = RRRV(T100)×2.87	

注： TRV值是对非接地系统计算的，也适用于接地系统。

表 6c） 在电缆系统中使用的额定短路开断电流＞4 kA 有效值的三相重合器用两参数表示的预期瞬态恢复电压标准值

额定电压	试验方式	首开极系数	振幅系数	TRV 峰值	时间	时延	电压	时间	上升率
U_r		k_{pp}	k_{af}	u_c	t_3	t_d	u'	t'	u_c/t_3
(kV)				(kV)	(μs)	(μs)	(kV)	(μs)	kV/μs
12	T100	1.5	1.54	22.6	59.6	9	7.5	29	0.38
	T50	1.5	1.68	24.7	34.5	5	8.2	17	0.71
	T20	1.5	1.77	26.0	23.9	4	8.7	12	1.09
24	T100	1.5	1.54	45.3	83.8	13	15.1	41	0.54
	T50	1.5	1.68	49.3	48.6	7	16.4	23	1.02
	T20	1.5	1.77	52.1	33.6	5	17.4	16	1.55
40.5	T100	1.5	1.54	76.4	119.4	18	25.5	58	0.64
	T50	1.5	1.68	83.3	69.4	10	27.8	33	1.20
	T20	1.5	1.77	87.8	47.7	7	29.3	23	1.84

表中的规定值

U_r = 额定电压

k_{pp} = 首开极系数

k_{pp} = 1.5

k_{af} = 振幅系数

k_{af} (T100) = 规定值＝1.54

k_{af} (T50) = k_{af} (T100)×1.09=1.68

k_{af} (T20) = k_{af} (T100)×1.15=1.77

RRRV = 恢复电压上升率

RRRV(T100) = 规定值=0.5×架空线路的 RRRV

RRRV(T50) = RRRV(T100)×1.88

RRRV(T20) = RRRV(T100)×2.87

表中的计算值

u_c = TRV 峰值

$u_c = k_{pp} \times k_{af} \times U_r \times \sqrt{\frac{2}{3}}$

t_3 = 达到 u_c 的时间

$t_3 = u_c$/RRRV

t_d = 时延线的时延

$t_d = 0.15 \times t_3$

u' = 时延线的电压点

$u' = u_c/3$

t' = 达到 u' 的时间

$t' = t_d + u'$/RRRV

注： TRV值是对非接地系统计算的，也也适用于接地系统。

表 6d） 在电缆系统中使用的额定短路开断电流＞4 kA 有效值的单相重合器用两参数表示的预期瞬态恢复电压标准值

额定电压	试验方式	首开极系数	振幅系数	TRV 峰值	时间	时延	电压	时间	上升率
U_r		k_{pp}	k_{af}	u_c	t_3	t_d	u'	t'	u_c/t_3
(kV)				(kV)	(μs)	(μs)	(kV)	(μs)	kV/μs
12	T100	1.732	1.54	26.1	68.8	10	8.7	33	0.38
	T50	1.732	1.68	28.5	39.9	6	9.5	19	0.71
	T20	1.732	1.77	30.1	27.6	4	10.0	13	1.09
24	T100	1.732	1.54	52.3	96.8	15	17.4	47	0.54
	T50	1.732	1.68	57.0	56.1	8	19.0	27	1.02
	T20	1.732	1.77	60.1	38.8	6	20.0	19	1.55
40.5	T100	1.732	1.54	88.2	137.8	21	29.4	67	0.64
	T50	1.732	1.68	96.2	80.2	12	32.1	39	1.20
	T20	1.732	1.77	101.4	55.1	8	33.8	26	1.84

表中的规定值

U_r = 额定电压

k_{pp} = 首开极系数

k_{pp} = 1.732

k_{af} = 振幅系数

k_{af} (T100) = 规定值＝1.54

k_{af} (T50) = k_{af} (T100)×1.09=1.68

k_{af} (T20) = k_{af} (T100)×1.15=1.77

RRRV = 恢复电压上升率

RRRV(T100) = 规定值=0.5×架空线路的 RRRV

RRRV(T50) = RRRV(T100)×1.88

RRRV(T20) = RRRV(T100)×2.87

表中的计算值

u_c = TRV 峰值

$u_c = k_{pp} \times k_{af} \times U_r \times \sqrt{\frac{2}{3}}$

t_3 = 达到 u_c 的时间

$t_3 = u_c$/RRRV

t_d = 时延线的时延

$t_d = 0.15 \times t_3$

u' = 时延线的电压点

$u' = u_c/3$

t' = 达到 u' 的时间

$t' = t_d + u'$/RRRV

注： TRV值是对非接地系统计算的，也适用于接地系统。

表 6e） 在架空线和电缆系统中使用的额定短路开断电流≤4 kA 有效值的三相重合器用两参数表示的预期瞬态恢复电压标准值

额定电压 U_r (kV)	试验方式	首开极系数 k_{pp}	振幅系数 k_{af}	TRV 峰值 u_c (kV)	时间 t_3 (μs)	时延 t_d (μs)	电压 u' (kV)	时间 t' (μs)	上升率 u_c/t_3 kV/μs
12	T100	1.5	1.54	22.6	117.6	18	7.5	57	0.193
	T50	1.5	1.54	22.6	117.6	18	7.5	57	0.193
	T20	1.5	1.54	22.6	117.6	18	7.5	57	0.193
24	T100	1.5	1.54	45.3	166.1	25	15.1	80	0.273
	T50	1.5	1.54	45.3	166.1	25	15.1	80	0.273
	T20	1.5	1.54	45.3	166.1	25	15.1	80	0.273
40.5	T100	1.5	1.54	76.4	238.7	36	25.5	115	0.320
	T50	1.5	1.54	76.4	238.7	36	25.5	115	0.320
	T20	1.5	1.54	76.4	238.7	36	25.5	115	0.320

表中的规定值	表中的计算值
U_r = 额定电压	u_c = TRV 峰值
k_{pp} = 首开极系数	$u_c = k_{pp} \times k_{af} \times U_r \times \sqrt{\frac{2}{3}}$
k_{pp} = 1.5	t_3 = 达到 u_c 的时间
k_{af} = 振幅系数	$t_3 = u_c$/RRRV
k_{af} (T100) = 规定值＝1.54	t_d = 时延线的时延
k_{af} (T50) = 规定值＝1.54	$t_d = 0.15 \times t_3$
k_{af} (T20) = 规定值＝1.54	u' = 时延线的电压点
RRRV = 恢复电压上升率	$u' = u_c/3$
RRRV(T100) = 规定值=0.25×架空线路的 RRRV	t' = 达到 u' 的时间
RRRV(T50) = RRRV(T100) RRRV(T20) = RRRV(T100)	$t' = t_d + u'$/RRRV

注： TRV值是对非接地系统计算的，也适用于接地系统。

表 6f） 在架空线和电缆系统中使用的额定短路开断电流≤4 kA有效值的单相重合器

用两参数表示的预期瞬态恢复电压标准值

<table>
<tr><td>额定电压</td><td rowspan="3">试验方式</td><td>首开极系数</td><td>振幅系数</td><td>TRV 峰值</td><td>时间</td><td>时延</td><td>电压</td><td>时间</td><td>上升率</td></tr>
<tr><td>U_r</td><td>k_{pp}</td><td>k_{af}</td><td>u_c</td><td>t_3</td><td>t_d</td><td>u'</td><td>t'</td><td>u_c/t_3</td></tr>
<tr><td>(kV)</td><td></td><td></td><td>(kV)</td><td>(μs)</td><td>(μs)</td><td>(kV)</td><td>(μs)</td><td>kV/μs</td></tr>
<tr><td rowspan="3">12</td><td>T100</td><td>1.732</td><td>1.54</td><td>26.1</td><td>135.8</td><td>20</td><td>8.7</td><td>66</td><td>0.193</td></tr>
<tr><td>T50</td><td>1.732</td><td>1.54</td><td>26.1</td><td>135.8</td><td>20</td><td>8.7</td><td>66</td><td>0.193</td></tr>
<tr><td>T20</td><td>1.732</td><td>1.54</td><td>26.1</td><td>135.8</td><td>20</td><td>8.7</td><td>66</td><td>0.193</td></tr>
<tr><td rowspan="3">24</td><td>T100</td><td>1.732</td><td>1.54</td><td>52.3</td><td>191.8</td><td>29</td><td>17.4</td><td>93</td><td>0.273</td></tr>
<tr><td>T50</td><td>1.732</td><td>1.54</td><td>52.3</td><td>191.8</td><td>29</td><td>17.4</td><td>93</td><td>0.273</td></tr>
<tr><td>T20</td><td>1.732</td><td>1.54</td><td>52.3</td><td>191.8</td><td>29</td><td>17.4</td><td>93</td><td>0.273</td></tr>
<tr><td rowspan="3">40.5</td><td>T100</td><td>1.732</td><td>1.54</td><td>88.2</td><td>275.6</td><td>41</td><td>29.4</td><td>133</td><td>0.320</td></tr>
<tr><td>T50</td><td>1.732</td><td>1.54</td><td>88.2</td><td>275.6</td><td>41</td><td>29.4</td><td>133</td><td>0.320</td></tr>
<tr><td>T20</td><td>1.732</td><td>1.54</td><td>88.2</td><td>275.6</td><td>41</td><td>29.4</td><td>133</td><td>0.320</td></tr>
<tr><td colspan="5">表中的规定值</td><td colspan="5">表中的计算值</td></tr>
<tr><td colspan="5">U_r = 额定电压
k_{pp}= 首开极系数
k_{pp}= 1.732
k_{af}= 振幅系数
k_{af} (T100) = 规定值＝1.54
k_{af} (T50) = 规定值＝1.54
k_{af} (T20) = 规定值＝1.54
RRRV = 恢复电压上升率
RRRV(T100) = 规定值=0.25×架空线路的 RRRV
RRRV(T50) = RRRV(T100)
RRRV(T20) = RRRV(T100)</td><td colspan="5">u_c = TRV 峰值
$u_c = k_{pp} \times k_{af} \times U_r \times \sqrt{\frac{2}{3}}$
t_3= 达到u_c的时间
$t_3 = u_c$/RRRV
t_d = 时延线的时延
t_d = 0.15×t_3
u'= 时延线的电压点
$u' = u_c/3$
t'= 达到u'的时间
$t' = t_d + u'$/RRRV</td></tr>
<tr><td colspan="10">注： TRV值是对非接地系统计算的，也适用于接地系统。</td></tr>
</table>

这些表中给出的值是试验回路的预期值。适用于一般三相配电系统中的重合器，工作频率为50 Hz，该系统由变压器、架空线和短电缆组成，或如表6所述的电缆连接的系统中。

灭弧室触头同时动作的三极重合器，表中的TRV值是针对三相非接地故障的首开相而言的。首开相系数1.5用于给首开相施加1.5倍线对中性点电压。

对于一起操作但灭弧室触头不同时动作的单极重合器，表中的TRV值仍然是针对三相非接地故障的首开相而言的。然而，首开相系数要取1.732，首开相承受的电压是线对中性点电压的1.732倍，是全部

的相对相电压。这实际上是因为在灭弧室触头打开时有一个很大的分离时差，其最恶劣的情况就是一个灭弧室上承受了全部的相对相电压。

对于单极重合器的单相运行，是典型的中性点接地的单相线路。在这种情况下，首开相系数取1.0，首开相上施加的电压等于1.0倍的相电压。

对于额定短路开断电流＞4 kA有效值且用在架空线路连接的回路中的重合器，TRV值在本质上与断路器标准GB1984-2003中的规定值一样。这些应用的TRV值列于表6a)和表6b)中。

对于额定短路开断电流＞4 kA有效值，但用于电缆线路中的重合器，TRV中的RRRV值是架空线路应用情况下的一半。电缆的附加电容降低了TRV的苛刻度，这种情况下的TRV值列于表6c)和表6d)。

对于额定短路开断电流≤4 kA有效值，用于架空线路或者用于电缆线路的重合器，TRV中的RRRV值是额定短路开断电流＞4 kA有效值且用于架空线路的重合器TRV值的四分之一。额定短路开断电流≤4 kA有效值应用情况下的RRRV值源自于熔断器标准GB 15166.2-2008。这种情况下的TRV值列于表6e)和表6f)。

在重合器用于更严酷工作条件的情况下，其TRV值可能不同，尤其对重合器直接连接到变压器低压端的情况，变压器低压侧提供的短路电流近似等于或大于额定短路开断电流的50 %，且在重合器与变压器或故障点之间没有明显的附加电容。见GB 1984-2003。

当发生出线端短路故障时，相应于额定短路开断电流的瞬态恢复电压，适用于短路开断电流等于额定值的试验。然而，对于短路开断电流小于100 %额定值的试验，TRV达到了一个更高的峰值且具有更快的RRRV。短路开断电流小于100 %额定值的瞬态恢复电压的其他值在表中也有规定。

6.104.2　开断性能（自动操作）

当按6.1和下列要求进行试验时，重合器应能自动地开断从最小启动电流到包括如表1、表C.3和表C.4所示的额定短路开断电流的所有值的电流。

a)　在相应于表 1、表 C.3 和表 C.4 的第 5、7 和 9 栏给出的 X/R 值的非对称电流的任意角度。对于电流不同于表列值的情况，最小的 X/R 值应采用内插值法或外插值法来确定。
b)　在试验中，至少要有工频恢复电压存在。
    1）单相重合器，为额定电压；
    2）三相重合器的三相试验，为额定电压。
c)　TRV 值如表 6 所示，电源侧和负荷侧都接地的三相试验除外，这种情况下 TRV 峰值应为表列数值（见 6.104.1.2）的 0.667 倍。
d)　在并联脱扣重合器设计的最低控制电压下进行，此规定不适用于自备直流电源的电子式控制器。
e)　除非装置的线路侧和负荷侧有标识，如高压合闸线圈之类的装置，这种情况下，试品的电源侧必须连接到电源电压。否则可以将任意一端连接到线路中。

试验报告应记录回路的实际固有TRV值，连同每次试验的电压和电流值一起记录。

注：　试验室可能不能满足表6a)和表6b)给出的T20电流水平时的t_3值时，应尽可能给出试验回路最小的t_3值，但不得小于表中的规定数值。所采用的数值应在试验报告中陈述。

6.104.3　额定短路开断电流验证

在6.104.4中规定的标准试验方式是额定短路开断电流验证的基础，执行了6.104.2提出的所有要求，且至少有两次开断的初始电流半波中具有按表1、表C.3和表C.4的第9栏X/R数值给以适当的乘数后所确定的最大非对称电流。见附录A。如果操作方式试验中不含有两次这样的开断，应当进行6.104.2规定的附加试验但不必在同一台重合器上进行。

6.104.4　标准操作方式试验；自动操作

6.104.4.1　试验条件

标准操作方式试验应由表1、表C.3和表C.4的第11栏给出的单元操作的总次数组成。并按表1、表C.3和表C.4的第6、8和10栏分配，在试验中不做维护。

重合器应整定为额定操作顺序，在闭锁操作发生之前，至少包括一次瞬时或快分闸和一次延时或慢分闸操作。如果重合间隔可调，应设定在重合器设计的最小重合间隔，但不要比制造厂在操作手册上给出的推荐值快。

注： 术语“快”是指没有被控制器加入延时，附加说明见6.108.3的注。

试验回路的X/R值不小于表1、表C.3和表C.4的第5、7或9栏给出的值。

试验回路应能提供如表6a)、表6b)、表6c）、表6d）、表6e）和表6f）给出的固有TRV值。这些TRV值基于试验回路的固有特性，不因重合器的灭弧室而改变。在100 %试验电流下，TRV值应不比表6a)、表6b)、表6c）、表6d）、表6e）和表6f）描述的欠严酷。在最终开断后，工频恢复电压应不下降到表1、表C.3和表C.4给出的额定电压之下，且应保持0.3 s。

6.104.4.2 试验程序

当重合器在合闸位置时，给重合器施加电源，重合器应分闸然后重合闸直至达到闭锁状态为止。这种操作顺序重复足够的次数以达到表1、表C.3和表C.4的第6、8和10栏规定的单元操作次数，对于E1级重合器则达到3.120规定的单元操作次数。

每一个操作顺序的起始电源应进行选相以使第一个电流半波能够产生最大的直流分量,每个操作顺序的后续关合相位允许是随机的。

注： 如果电源电压在零度，允许偏差为±10电度，第一个半波的最大直流分量可考虑在规定的短路功率因数或X/R的回路中获得。

每个操作顺序的初始电流半波应达到不低于与表中规定的X/R值相应的直流分量的90 %时的值。并且，至少有一个操作顺序中的初始电流半波能达到与表中规定的X/R相应的100 %的直流分量。用于表达直流分量的非对称电流值应在电流峰值时测量，对称电流应在每个单元操作触头分离时刻进行测量。

6.104.5 操作方式试验后重合器的状态

在完成6.104.4规定的操作方式试验的试验顺序后，重合器应满足6.111要求的状态。

6.105 异相接地故障试验

GB 1984－2003的6.108适用，并作如下补充：

试验时重合器应整定为额定操作顺序，在闭锁操作发生之前，至少包括一次瞬时或快分闸和一次延时或慢分闸操作。如果重合间隔可调，应设定在重合器设计的最小重合间隔，但不要比制造厂在操作手册上给出的推荐值快。

试验按额定操作顺序进行一次。

6.106 最小启动电流试验

当按6.1和下列要求对重合器进行试验时，所测得的重合器最小启动电流值与设定值的相对误差应在±10%的范围内。

6.106.1 试验回路

重合器应连接到交流低压电源回路中，回路中的电流应能调节。

6.106.2 试验程序

将重合器整定在瞬时脱扣，快速施加近似于80 %的预期最小启动电流，然后，缓慢升流至重合器动作,升流时间应大于10 s, 重合器动作时的电流就是最小启动电流。按以上程序重复进行3次, 取所测电流的平均值。

6.107 涌流试验

串联脱扣重合器应能经受65 kA峰值、4/10（±10%）μs波形的两次涌流试验。

6.107.1 试验条件

如果需要线圈旁路装置，应当按正常工作时的布置安装在重合器上。

6.107.2　试验程序

按规定值在每一相上施加两次涌流。试验后，施以最小启动电流对重合器进行试验使其完成一个自动操作顺序直到闭锁。

6.107.3　试验后的状况

试验结束后，重合器及线圈旁路装置（如果有的话）应处在下列状况：

a) 机械方面。除线圈旁路装置的一些间隙电极上的较小电弧疤痕外，机械状况与初始情况下基本相同。从线圈旁路装置的端子到重合器的其他零件或重合器的串联线圈，线圈旁路装置应当没有外部闪络的迹象。

b) 电气方面。重合器连同线圈旁路装置（如果使用并连接在其正常操作位置）在分闸位置时，应能耐受额定电压；在合闸位置时，施加过电流应正确完成一个典型的操作顺序到闭锁。

6.108　时间—电流特性试验

6.108.1　试验条件

除了安装和接地要求为非强制性外，试验条件如6.1和下列规定。需要采集数据的电流范围应从最小启动电流到额定短路开断电流，其间取样点不少于6个，每个取样点重复试验次数不少于6次，6次测量结果中时间偏差最大值与最小值之比不得大于1.25。

注：具有液压定时器的重合器试验开始时的油温为25 ℃±2 ℃。

6.108.2　试验程序

时间—电流特性试验按以下程序进行（见图1）。

6.108.2.1　触头分离时间—电流特性试验

试验应在不大于被试重合器的额定电压的任何电压下进行，试验回路应保证流过重合器的每一档测试电流保持恒定。

6.108.2.2　开断时间—电流特性试验

开断时间—电流特性数据可通过方法A或B来获得。

方法A：对6.108.2.1获得的触头分离时间加上燃弧时间。燃弧时间可以从关合开断或操作方式试验的示波图上获得。

方法B：在额定电压下，电流范围从最小启动电流到额定短路开断电流进行的开断试验的示波图中测量总的开断时间。

6.108.2.3　电流的测量

时间—电流特性试验中电流测量按下述要求进行：

a）持续时间在1s以上的电流，可以用标准安培表测量；

b）持续时间小于1s的电流，可以用示波器或其他合适的仪器测量。含有直流分量的衰减交流分量，应折算为稳态条件。

注：采用为防止指针摆动太大而调停的标准安培表以提高测量精度。

6.108.2.4　时间的测量

时间—电流特性试验中时间测量按下述要求进行：

a）10 s以上的时间，可用秒表、计时器或其他适当仪器测量；

b）1 s～10 s的时间，可用同步计时器或其他适当仪器测量；

c）1s以下的时间，可用示波器或其他适当仪器测量。

6.108.3　时间—电流特性曲线

时间—电流特性试验的结果应以双对数坐标的时间—电流特性曲线来表示。曲线应给出：

a) 每一个瞬时或快以及延时的时间—电流曲线的开断时间；

b) 按 6.108.2.2 方法 B 绘制时应给出试验电压；

c) 曲线数据适用的重合器的类型和额定值；

d）从最小启动电流到额定短路开断电流的电流范围；

e）瞬时或快开断时间—电流曲线，应按试验数据的最大值绘制；

f）延时或慢开断时间—电流曲线，应按试验数据的平均值绘制。时间或电流在曲线上的误差，允许值为±10 %；

g）试验数据应归算到 25 ℃。

注：术语“瞬时”和“快”在此处本质上是相同的。两者均指没有控制器的延时。术语“瞬时”用于电子控制器，而术语“快”用于机械或液压控制器，它们具有固有（非有意的）延时。

6.109 控制装置电子元件的浪涌耐受能力（SWC）试验

控制装置应在电流或电压互感器或者两者连接到控制元件的低压电源回路中以及连接到重合器和控制元件的控制线路中产生的浪涌电压作用下而不损坏。用6.109.1和6.109.2规定的两项试验来验证这个能力。

6.109.1 振荡和快速瞬变浪涌试验

按表7要求进行，试验应符合GB/T 14598.10－2007和GB/T 14598.13－2008。

表7 振荡和快速瞬变浪涌试验要求

特　　性	振荡波试验		快速瞬变波试验	
波形（量级）	2.5 kV －III级		4 kV －Ⅳ级	
脉冲重复频率	不适用		2.5kHz	
电源阻抗	在1MHz频率下，200Ω		50Ω	
耦合/去耦网络－电容	≥33nF		≥33nF	
试验模式	共模和差模	共模	共模和差模	共模
试验点－经耦合/去耦网络	电源端子、电压端子、输入/输出端子	电流端子	电源端子、电压端子、输入/输出端子	电流端子
试验点－经耦合夹	不适用	数据通信端口，信号端	不适用	数据通信端口、信号端

6.109.2 模拟浪涌避雷器动作的试验

试验模拟雷电冲击波和因此而感应的出现在重合器和控制元件上的电压变化，这是因为电流的变化率和接地连接的阻抗引起的。

注：模拟浪涌避雷器动作的试验的背景信息见附录B。

6.109.2.1 试验的布置

下列试验程序描述了浪涌避雷器动作的实验室模拟。

a）用一个连接电源套管端子到重合器的接地线的棒间隙来模拟浪涌避雷器，见图 3a)。间隙应调整到配用控制元件的重合器额定雷电冲击耐受电压的 80％（±10%）时闪络。浪涌电压应在 1.2 μs（±0.5 μs）内上升到闪络值。试验时，接地线应连接到重合器的正常接地端子上且可能邻近于控制电缆的连接点。

b）外部涌流发生器的限流阻抗的选择应使得其在间隙闪络后可提供 7 kA（±10%）的浪涌电流，在 2 kA 初始电流以上的电流上升率应在（10～15）kA/μs 之间。

c）控制电缆与重合器的接地线平行，间距为 15 cm，接地线应选截面为 2.5 mm^2 的铜导线。

1）在重合器为架空使用的情况下，控制电缆的长度应为 $6_0^{+0.5}$ m。

2）在重合器为柱上或干窨室安装使用的情况下，控制电缆的最大长度为 $6_0^{+0.5}$ m。

3）控制元件的接地线到接地点最长为 1.5 m，该点连接到重合器的接地线和实验室的接地点。

d）三相装置情况下，采用每个极性的最小 1/3 的浪涌电压施加于距重合器与控制电缆连接点最近的套管。

e）当在 6.109.1.2 d)和 e)条件下进行试验时，电源变压器应给控制器正常供电。这可以通过激励原边或通过副边反送来实现。无论在哪种情况下，应注意把变压器与实验室（房间）电源隔离。

注 1：如果制造厂打算把控制器始终集成地安装或包含于重合器的内部结构中，则应符合本条款中的c)1）和c)2)且电缆长度为零。

注 2：截面为2.5 mm^2的铜导线在浪涌电流期间会导致重合器和控制器之间更大的电压差，在试验室可以采用截面为14 mm^2或更大截面的铜线接地。详细情况请参考附录B。

注 3：控制接地线越短，试验越严酷。

6.109.2.2　试验程序

对电源侧套管的间隙在下列五种不同情况下，应施加正、负极性各15次浪涌。如果试品自带电源，条件d）和e）可以省略。

a）加在电源侧套管上，重合器在分闸位置。

b）加在电源侧套管上，重合器在合闸位置。

c）加在负荷侧套管上，重合器在合闸位置。

d）加在适当容量的电压互感器上，连接方法如图 3b)所示，重合器在分闸位置。

e）加在适当容量的电压互感器上，连接方法如图 3b)所示，重合器在合闸位置。

6.109.3　试验中和试验后控制器的状况

试验中在下列整定值下控制器应带电并工作：

a）脱扣电流值（设定值）不超过重合器的额定电流；

b）重合器设定为额定操作顺序；

c）正常操作的其他设定与上述 a)和 b)一致。

在浪涌试验中，控制器不应使分闸位置的重合器合闸，也不应使合闸位置的重合器分闸（脱扣）。没有出现或报告状态发生变化。

注：　报告可以包括事件记录、示波图和SCADA。

试验后，重合器及控制装置应能无故障地执行正常的功能。

6.110　压力耐受试验

GB 7674-1997的7.9和GB 3906-2006的6.103.1 、6.103.2适用。并做如下补充：

本试验仅适用于运行时外壳承受压力的重合器。

6.111　在 6.102 和 6.104 的每项试验后，重合器的状态

6.111.1　一般要求

试验期间，在不维护和更换零部件的情况下，重合器功能应正常。

进行了规定的关合和开断试验方式后，重合器应处于下列状态：

a）　机械状态。重合器应如同起始时的机械条件一样能够自动和手动操作。如 6.108 定义的时间—电流特性应与起始（试验前）值基本相同。弧触头和其他规定的可更换部件可以有磨损。油重合器中用于灭弧的油的质量可以变差且油位可以降低。因灭弧介质的分解而产生的沉淀物可能附着在绝缘件上。

b） 电气状态。重合器应能耐受 80 %工频干耐受试验电压一分钟，并能承载额定电流，但温升是否超过限值可不要求。在操作方式试验前后测量的回路电阻可用来确定承载额定电流的能力。

对试验后的重合器进行目测和空载操作通常足以检查这些要求。对触头结构不易看到的重合器，应采用100 A直流电流测量触头电阻以确定重合器的载流能力。触头电阻应小于试验前电阻值的200 %。如果增大到200 %以上，应在可行的位置安放热电偶进行额定电流下的温升试验，以确保重合器不会出现热失控。

6.111.2 附加试验

如果对重合器是否通过了6.111.1a）和b)规定的试验有疑问，则应对有疑问的部分做进一步试验。附加试验包括以下内容：

a）温升试验无热失控现象。热失控是指温度不稳定且有不断升高的趋势；

b）适当的开断试验；

c）以额定工频干耐受电压的 80 %进行的干耐压试验，以此评估绝缘能力。

6.111.3 在 SF_6 气体绝缘设备中的真空灭弧室的特别要求

如果在一个试验系列中的最后一项试验是短时耐受电流试验或开合试验，要求对真空灭弧室的完整性进行检查。因为真空灭弧室漏气会导致其回充SF_6，常规的工频耐压试验检查不出来这个状态，该附加试验是必要的。

真空灭弧室的完整性可通过在额定TRV下的10 %或更大的短路开断电流进行一次开断操作来验证。

a）如果进行三相试验，电源测和负荷侧中性点都应接地；

b）如果进行单相试验，每一极都应分别进行。

7 出厂试验（例行试验）

除了局部放电试验按7.103规定的方法对部件进行之外，每一台重合器都应由制造厂在工厂最后装配完毕后进行所有适用的出厂试验，出厂试验应包括以下内容：

a） 主回路的绝缘试验；

b） 辅助和控制回路的绝缘试验；

c） 主回路电阻测量；

d） 密封试验（适用时）；

e） 设计和外观检查；

f） 最小启动电流试验；

g） 时间—电流特性试验

h） 操作性能校验

i） 控制、二次接线及辅助装置的验证试验；

j） 空载机械操作试验。

7.1 主回路的绝缘试验

GB/T 11022-1999的7.1适用。

7.2 辅助和控制回路的绝缘试验

GB/T 11022-1999的7.2适用。

7.3 主回路电阻测量

GB/T 11022-1999的7.3适用。

每台出厂的重合器都应进行主回路电阻的测量，测量值应符合产品标准的要求。

7.4 密封试验

GB/T 11022-1999的7.4适用。

7.5 设计和外观检查

GB/T 11022-1999的7.5适用。

7.101 最小启动电流试验

液压控制重合器按重合器所配分闸线圈的所有规格进行校验；电子控制重合器应分别按照其所能设定的各档电流予以校验。

试验方法参见6.106。

7.102 时间—电流特性试验

液压控制重合器应对其所具备的各种时间－电流曲线予以校验；电子控制重合器则依据其所具备的不同时间系数下的时间－电流曲线予以校验。

试验电流至少取20％、50％、100％额定短路开断电流和最小启动电流四个点。

试验方法参见6.108。

如果适用，与已发布的时间—电流特性曲线的一致性校验，可以在最后装配于重合器前对控制单元组件单独进行校验，但必须考虑所配电流互感器的电流变比特性曲线。

7.103 操作性能校验

重合器应经受下述3个项目的校验；

试验过程中采用方便的电压下的正弦波形电流。

校验可在制造厂认定的合适的顺序下进行。

7.103.1 操作顺序校验

与7.105一并进行。

7.103.2 远方操作特性校验

重合器如有远方操作功能，出厂前应进行远方操作特性校验。校验结果应满足产品安装使用说明书的要求。

7.103.4 其他功能校验

当用户有要求时，制造厂也应提供如复位时间、重合间隔、接地保护、分闸闭锁、合闸闭锁等功能的校验报告，并应符合产品技术条件的要求。

7.104 控制、二次接线及辅助装置的验证试验

对控制、二次接线及辅助装置进行检查以确保所有的连接是正确的。必要时，控制装置应通过切实可行的实际操作进行检查。对不能进行操作的回路应检查其连续性。

7.105 机械操作试验

机械操作试验：

i. 手动合分操作5次；

ii. 按表8进行电动操作以检查机构、控制装置的性能，应无拒动或误动；

iii. 对所有要求的操作顺序，对合、分闸操作均应进行下述记录：

—— 动作时间测量；

—— 操作过程中液体消耗量的测量（适用时），例如压力差。

应有证据证明机械性能与型式试验时使用的样品的机械性能一致，例如，在出厂试验结束后还应进行一次空载操作，以记录空载触头行程曲线。如果进行了该操作，从触头分离瞬间到触头运动终了时，该曲线应在6.101.1.1定义的参考机械行程特性的包络线内。

如果在机械操作试验过程中需要调整，则在调整后应重复进行完整的试验顺序。

表8 空载的机械操作试验

操作顺序	控制电压和操作压力	操作顺序数	操作次数
C-ta-O-ta	最高值	5	5

	额定值	5	5
	最低值	5	5
O-t_1-CO -ta-C	额定值	5	10
O-t_1-CO-t_2-CO -ta-C	额定值	2	6
O-t_1-CO-t_2-CO-t_3-CO-ta-C	额定值	4	16

注： O表示分闸，C表示合闸；ta两次操作之间的时间间隔；t_1，t_2，t_3分别表示第一、第二、第三次重合间隔。如果重合间隔可调，试验时应设定为重合器设计的最小重合间隔。

8　选用导则

8.101　概述

选择适合于给定运行方式的重合器时，最好要考虑到负载条件和故障条件要求的各个额定值。额定值的选择应符合本标准的规定，并考虑到系统的特点及其未来发展。额定值的清单列于第4章。

也应考虑其它参数，例如，当地的大气和气候条件，以及在海拔超过1 000 m的场合。

8.102　额定值的选择

GB 1984-2003的8.102适用。

8.103　故障条件下额定值的选择

GB 1984-2003的8.103中8.103.1、8.103.2、8.103.4、8.103.6适用。

9　与询问单、标书和订单一起提供的资料

9.101 与询问单和订单一起提供的资料

当询问或订购重合器时，询问者应提供下列信息：

a)　电力系统的信息，即标称电压和最高电压、频率、相数和中性点接地情况的详细说明。

b)　运行条件，包括最低和最高周围空气温度；高于1000 m时的海拔，以及可能存在或出现的任何特殊条件，例如过度地暴露在水蒸气、湿气、烟雾、爆炸性气体、过量灰尘或含盐的空气中。

c)　重合器的特性。

应提供下列资料：

i.　极数；
ii.　额定电压；
iii.　额定绝缘水平，在与给定的额定电压对应的几个不同的绝缘水平中选择。
iv.　额定频率；
v.　额定电流；
vi.　额定最小启动电流；
vii.　时间—电流特性（适用时）；
viii.　额定短路开断电流；
ix.　首开极系数；
x.　要求的出线端故障的瞬态恢复电压（S1级或S2级）；
xi.　要求的短路关合电流；
xii.　额定操作顺序；
xiii.　要求的短路持续时间；

xiv. 适用时，容性电流开合性能（C1 级或 C2 级）；

① 适用时，额定电缆充电开断电流；

② 适用时，额定线路充电开断电流；

xv. 机械操作的次数（M1 级或 M2 级）；

xvi. 适用时，电寿命特性（E1 级或 E2 级）。

（d）重合器的操动机构和辅助设备的特性，特别是：

额定电源电压和额定电源频率。

注： 除上述内容外，询问者应提供可能影响投标和订货的特殊条件的资料。

9.102 与标书一起提供的资料

当询问者查询重合器的技术细节时，制造厂应提供下列资料（适用的部分），并应附有说明和图样：

（a）额定值和特性

1. 极数；
2. 额定电压；
3. 额定绝缘水平；
4. 额定频率；
5. 额定电流；
6. 额定最小启动电流；
7. 时间—电流特性（适用时）；
8. 额定短路开断电流；
9. 首开极系数；
10. 出线端故障的瞬态恢复电压（S1 级或 S2 级）；
11. 额定短路关合电流；
12. 额定操作顺序；
13. 额定短路持续时间；
14. 容性电流开合性能（C1 级或 C2 级）；
    a) 额定电缆充电开断电流；
    b) 额定线路充电开断电流；
15. 机械操作的次数 M1 级或 M2 级；
16. 电寿命的 E1 级或 E2 级。

（b）型式试验：

根据要求提供的证书或报告。

（c）结构特点

如果适用于重合器的设计，应提供下列详细资料：

（1） 不带绝缘、开断和操作用的流体时完整重合器的质量；

（2） 绝缘用的流体的质量/体积，其质量的好坏和工作范围的大小，包括最低功能值；

（3） 开断用的流体（不同于项 b）中述及的流体）的质量/体积，其质量的好坏和工作范围的大小，包括最低功能值；

（4） 密封的规定；

（5） 在运输和贮存过程中，为防止内部元件劣化，每一极中需要充入的流体的质量/体积；

（6） 最小空气间隙：

——极间；

——对地；

（7） 在所要求的周围空气温度下，为保持重合器的额定特性而采取的任何特别措施(例如加热或冷却）。

（d）重合器的操动机构和辅助设备

（1） 操动机构的型式；

（2） 合闸机构的额定电源电压和/或额定压力；

（3） 并联分闸脱扣器的额定电源电压；

（4） 在额定电源电压下并联分闸脱扣器要求的电流；

（5） 在额定电源电压下其它辅助设备要求的电流；

（6） 高低压闭锁装置的整定值。

（e）外形尺寸和其它资料

制造厂应提供有关重合器外形尺寸的资料和基础设计必需的细则。

应提供重合器维护及连接的一般资料。

10 运输、贮存、安装、运行和维护规则

GB/T 11022-1999 的第 10 章适用，并作如下补充：

10.1 运输、储存和安装的条件

GB/T 11022-1999 的 10.1 适用。

10.2 安装

GB/T 11022-1999 的 10.2.1 到 10.2.4 适用，并作如下补充：

10.2.101 交接试验导则

重合器安装完好并完成所有的连接后，推荐进行交接试验。这些试验的目的是在于检查重合器没有因运输和储存而损坏。

10.2.102 交接检查

10.2.102.1 安装后的检查

10.2.102.1.1 一般检查

——符合制造厂的图样和说明书；

——重合器和控制装置的密封性；

——外绝缘以及内绝缘（适用时的）未被损坏且干净；

——油漆和其它防腐保护完好；

——操动机构，尤其是动作脱扣器应没有污损；

——足够和完整的接地连接以及和变电站接地系统连接的接口；

10.2.102.1.2 电路检查

——与接线图的一致性；

——信号装置（位置、报警、闭锁等）的正确动作；

——加热装置和照明装置的正确动作。

10.2.102.1.3 绝缘和/或灭弧流体的检查

油：类型、绝缘强度（GB 2536）、油位。

SF_6：充入的压力/密度和质量检查，应分别和 GB 12022、GB/T 8905 和 IEC 61634 的接受水平一致。

10.2.102.1.4 现场操作

7.104 要求的交接检查和试验程序完成后，以及适用时，应按 10.2.101 的要求另外进行 50 次附加的操作试验。

10.2.102.2 机械试验和测量

10.2.102.2.1 绝缘和/或开断用流体压力特性的测量（适用时）

10.2.102.2.1.1 概述

应进行下列测量，以把它们和出厂试验及制造厂所保证的值进行比较。这些值可作为将来维护和其它检查的参考，还可以用来探测操作特性的任何变化。

适用时，这些测量包括报警和闭锁装置（压力开关、继电器、传感器等）动作的检查。

10.2.102.2.1.2 应进行的测量

a） 适用时，在压力上升阶段：

——分闸/脱扣闭锁的复位值；

——合闸闭锁的复位值；

——自动重合闸闭锁的复位值；

——低压力报警解除值。

b） 适用时，在压力下降阶段：

——低压力报警值；

——自动重合闸闭锁的动作值；

——合闸闭锁的动作值；

——分闸闭锁的动作值。

10.2.102.2.2 额定操作顺序的验证

应验证重合器完成其规定的额定操作顺序的能力。该试验应在储能装置工作的情况下进行，使用现场的电源电压。

应提供证据，以证明闭锁装置的抗扰水平和在额定操作顺序过程中测到的最低操作压力间的配合关系。

现场电源电压是指来自正常现场电源的、适用于重合器的负载电压且应与辅助回路和控制回路的额定电源电压兼容。

10.2.102.2.3 时间参量的测量

合闸时间和分闸时间，时间的分散性

——每一极的合闸时间，极间的时间分散性和可能时的开断单元或每一极各单元组之间的时间分散性；

——每一极的分闸时间，极间的时间分散性和可能时的开断单元或每一极各单元组之间的时间分散性。

在多个脱扣线圈的情况下，应对所有的脱扣线圈进行试验并记录每一个的时间。

应记录动作前和动作中的电源电压。如有三极控制继电器的话，也应记录其带电时刻，以便能够计算出三极操作时总的时间（继电器时间加上合闸时间或分闸时间）。

10.2.102.2.4 机械行程特性的记录

按照7.104的要求，重合器第一次在现场安装后，应记录机械行程特性。通过和6.101.1.1中的参考空载试验得到的参考机械行程特性比较，记录到的机械行程特性应与其达到一致。

10.2.102.3 电气试验和测量

10.2.102.3.1 绝缘试验

应对辅助回路进行绝缘试验，以确认断路器的运输和储存没有损坏这些回路。然而，应认识到这些回路中包含薄弱的元件，施加全部的试验电压并保持全部的持续时间可能会导致损坏。为了避免出现这种情况和试验连接线的临时移开，制造厂应详细规定说明不会出现损坏的试验程序以及根据本试验程序记录试验结果的方法。

10.2.102.3.2 主回路电阻的测量

GB 1984-2003的10.2.102.3.2适用。

10.3 运行

GB/T 11022-1999 的 10.3 适用。

10.4 维护

GB/T 11022-1999 的 10.4 适用。

11 安全性

GB/T 11022-1999 的第 11 章适用，并做如下补充：

任何已知的化学危害和环境危害应在重合器手册或使用说明中明确。

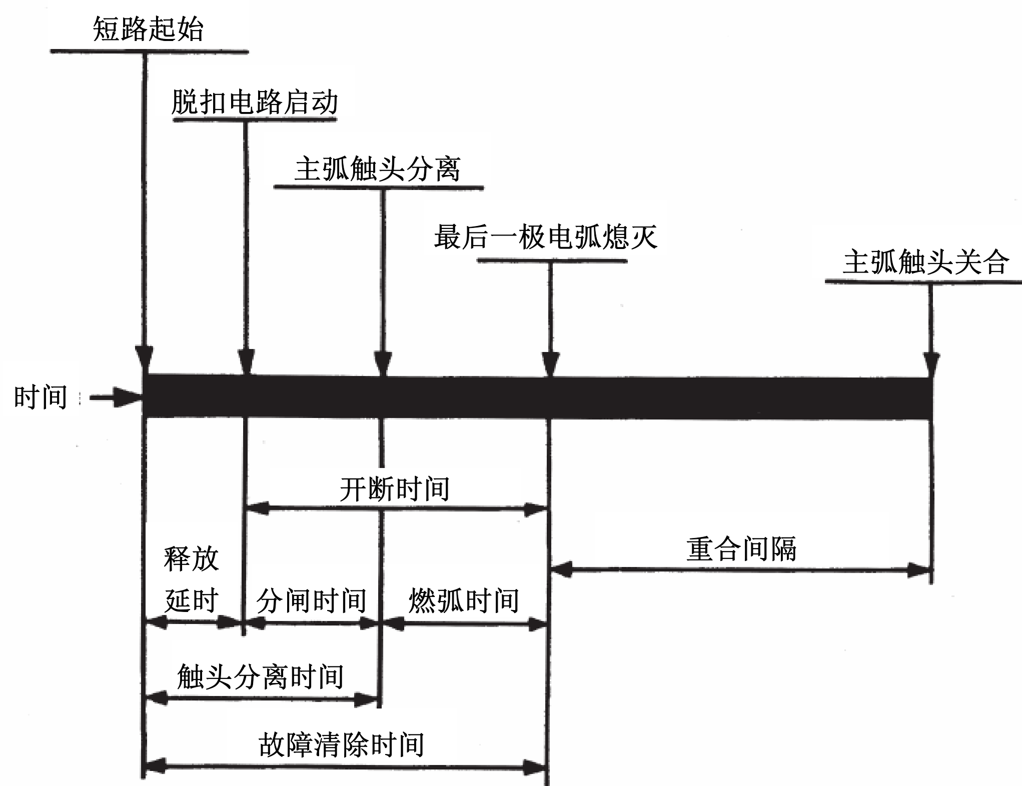

短路起始
脱扣电路启动
主弧触头分离
最后一极电弧熄灭
主弧触头关合
时间
开断时间
重合间隔
释放
延时
分闸时间
燃弧时间
触头分离时间
故障清除时间

图1　单元操作

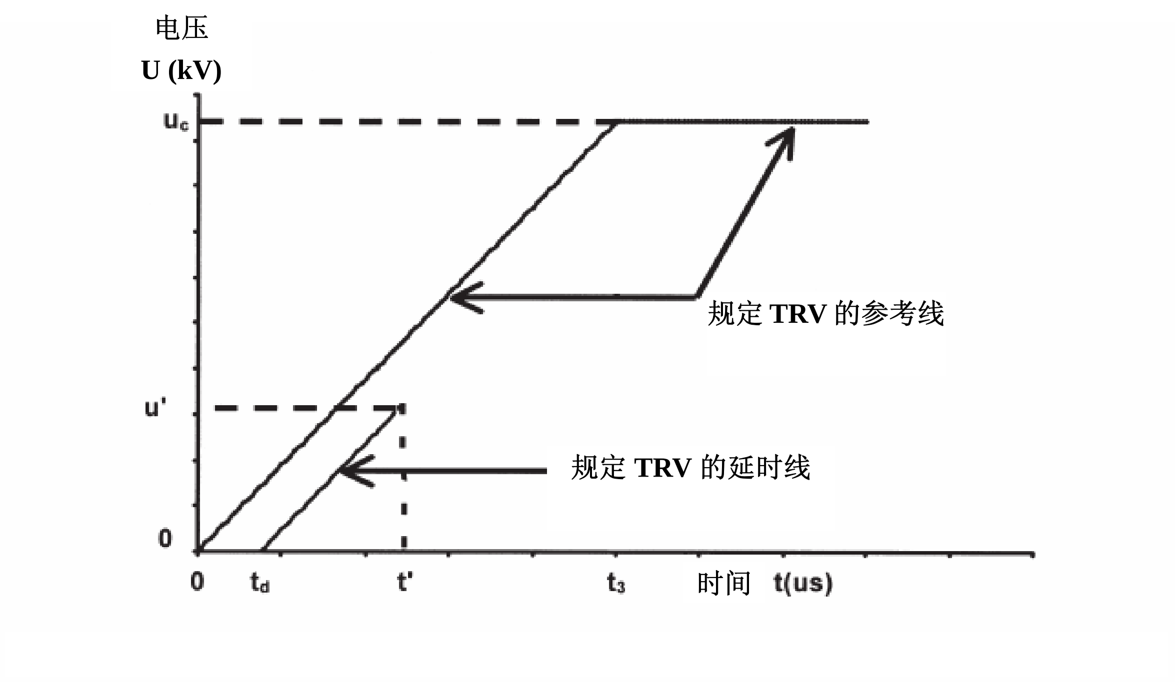


图2 指定的 TRV 用两参数线和时延线的表示法

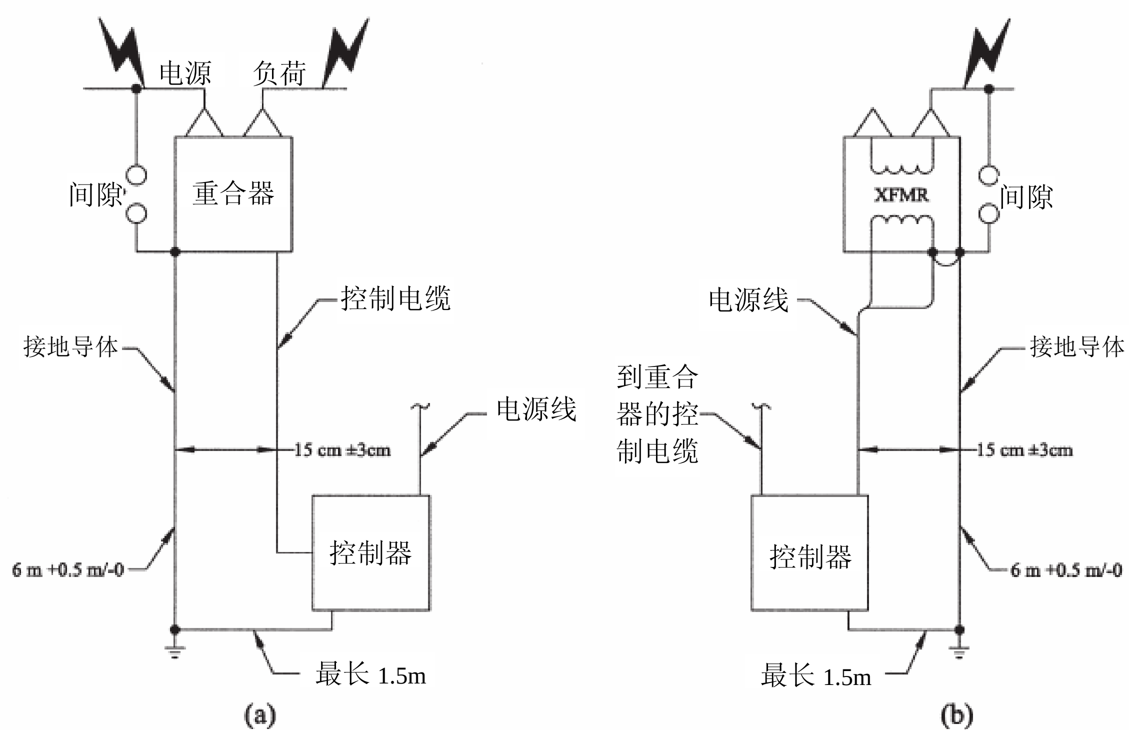

电源
负荷
间隙
重合器
控制电缆
接地导体
电源线
15 cm ±3cm
控制器
6 m +0.5 m/-0
最长 1.5m
(a)
XFMR
间隙
电源线
接地导体
到重合
器的控
制电缆
15 cm ±3cm
控制器
6 m +0.5 m/-0
最长 1.5m
(b)

图3　浪涌耐受试验回路

附 录 A
（资料性附录）
X/R 的比值

为了正确地设计、试验和应用开关设备，有必要对回路的时间常数（τ_{cc}）和X/R比值以及相关联的峰值电流进行一般性的了解。故障耐受电流或故障关合电流相关的机械应力与峰值电流的平方（i_p^2）有关，并且与预击穿或故障电流开断有关的热应力与电弧电压、燃弧时间以及总的电荷（电弧电流的积分）有一个复杂关系。

A.1 时间常数（τ_{cc}）和X/R 的比值

回路由电感（L 或 X）（$X=2\pi fL$）和电阻串连组成。其时间常数是由L/R决定的。X/R视频率而定（也就是说，其时间常数为45 ms。50 Hz时，比值X/R=14.1）。

对于三相故障，应考虑回路的正序分量（$\tau_{cc}=L_1/R_1$，$X/R=X_1/R_1$）。对于相对地故障，应考虑其正序和零序分量（$\tau_{cc}=[2L_1+L_0]/[2R_1+R_0]$，$X/R=[2X_1+X_0]/[2R_1+R_0]$）。

式中：

R_0——零序电阻；

R_1——正序电阻；

L_0——零序电感；

X_0——零序电抗；

L_1——正序电感；

X_1——正序电抗。

A.2 非对称故障电流

最大非对称电流与在电压零点故障开始有关，这可能与闪络、断路器合闸、故障线路上的重合闸或暂时接地有关。如果使用三相开关设备，其中一相将会产生非对称故障电流，其值在最大非对称电流的87%和100%之间。

单相回路的瞬时电流应符合公式（A.1）：

$$i=\sqrt{2}\,I\,[\sin(\omega t+\theta-\phi)-\sin(\theta-\phi)\,e^{-t/\tau_{cc}}] \qquad (A.1)$$

式中：

i——瞬时电流；

I——电流有效值；

ω——角频率（$2\pi f$）；

ϕ——电路的相位角=tan^{-1}(X/R)；

θ——电压零点到故障起始间的角度；

t——时间；

τ_{cc}——电路的时间常数（L/R或$X/R\omega$）（见A.1）。

峰值非对称电流（i_P）是此公式中的最大值。峰值系数是i_P/I。有效值因数可以由公式（A.2）计算出：

$$有效值系数=\sqrt{1+(\sqrt{2}e^{-t_p/\tau_{cc}})^2} \quad (A.2)$$

式中：

t_P——是到达峰值的时间，或到前一个公式最大值的时间。

表A.1给出了在一个时间常数范围内，50 Hz时的X/R比值与峰值系数和有效值系数。

表 A.1 X/R值：峰值系数和有效值系数

时间常数[τ_{cc}]（ms）	X/R值	峰值系数[i_P/I]	有效值系数
10.6	3.3	2.01	1.16
21.2	6.7	2.31	1.35
31.8	10	2.46	1.45
45	14.1	2.55	1.52
60	18.9	2.61	1.56
90	28.3	2.68	1.61
120	37.7	2.72	1.64
150	47.1	2.74	1.66

附　录　B
（资料性附录）
模拟浪涌避雷器动作试验

此试验传统上常用来检验重合器系统操作和其承受快速雷击感应的冲击的能力。这个试验属于通常用于继电保护设备及以下定义的较宽范围的电磁兼容试验：

a) GB/T 17626.2－2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验（idt IEC 61000-4-2:1995）
b) GB/T 17626.4－1998 电磁兼容试验和测量技术电快速瞬变脉冲群抗扰度试验（idt IEC 61000-4-4:1995）
c) GB/T 17626.8－2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验（idt IEC 61000-4-8:1993）
d) GB/T 17626.12－1998 电磁兼容试验和测量技术振荡波抗扰度试验（idt IEC 61000-4-12:1995）
e) IEEE Std C 37.90™－1989 与电源设备有关的继电器和中继系统
f) IEEE Std C 37.90.1 ™－2002(SWC) 与电力有关的继电器和继电器系统的浪涌耐受能力（SWC）试验。
g) IEEE Std C 37.90.2™－1995（RF 敏感性）无线电收发信机辐射电磁干扰中断系统的抵抗能力
h) IEEE Std C 37.90.3™－2001 保护继电器的静电释放试验

不管这些试验标准间的序号和相似之处处，经验表明，在制造和试验上都满足了上述标准的电子控制单元在配电网中遇到浪涌时仍会发生误动或遭受永久性损坏。看看关于电力系统变电站环境的标准就很容易明白这个问题。在这种环境里，单独的控制装置可能依赖于良好建立的电磁兼容性保护设施，包括：高质量的接地网、屏蔽接地、雷电保护、电站型避雷器、开关设备和控制室间较大的距离以及金属铠装和GIS开关设备中的扩大范围的屏蔽。这些方法几乎不可能保护或屏蔽线路中的配电重合器。控制器导线、配电型避雷器和局部接地系统要吸收雷击的所有的冲击。

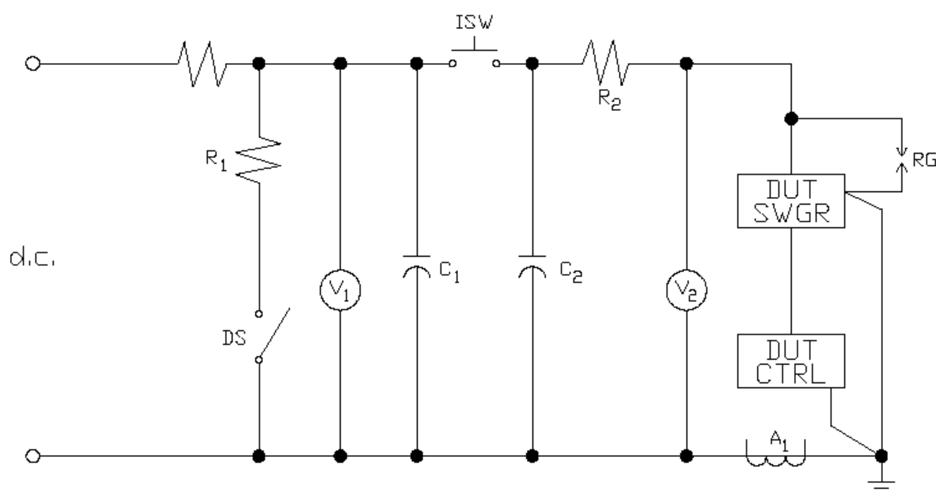
通过定义所有包括的系统试验，模拟浪涌放电器动作试验填补了这方面的空白。按当前的定义，试验规定了一个快速上升的时间（1.2μs）、BIL典型波形以及通过电流和/或电压互感器和设计中出现的任何其它设备的电容耦合施加在基本绝缘上。电压峰值后导致空气间隙闪络放电，将7 kA电流流入重合器接地系统。这种放电辐射出很强的电磁场脉冲和快速的电压衰减，此外还加强了电容耦合效应。一旦出现火花放电，很高的电流梯度（di/dt 大于10 kA/μs）在接地导体（大多数为感性的，大约1 μH/m）上产生一个压降,因此，应有效地将重合器的接地点与电子控制器隔离。如果不能完全控制，电位差可能会达到60 kV。

试验可能会以一个大电流的瞬变波形结束。其频率是由重合器接地导体的电感、试验发生器的输出电容和回路阻尼决定的。试验相中异常的大电流会产生高频磁场。然而，di/dt 是更为关键的参数。当电流到达峰值电流7 kA时,初始的 di/dt 之后的波形形状就不再是关键因素了。

有五个不同系列的试验。在第一个系列里，重合器在分闸状态，其电源侧耐受浪涌。这个试验施加在重合器本身和可能装备的电源侧CT与PT的绝缘上。第二系列试验里，重合器在合闸状态下，其电源侧耐受浪涌，允许涌流从装置的载流回路到达负载侧的套管。第三系列试验当火花间隙保留在电源侧的情况下，给负载侧套管施加浪涌。这个试验通过载流回路释放放电电流作用于CT线圈。在第四和第五系列试验里，将浪涌电压和浪涌电流施加在给控制器提供电力的变压器上。在重合器分闸与合闸位置时，这两个系列的试验作用于控制器的供电回路。

所有列举的EMI干扰都能够使电子装置的动作中断，尤其是重合器的控制器。它们动作一致，面临各式各样潜在的系统问题，如：伪开断、未经请求的键盘操作、CPU复位、RF敏感性、绝缘破坏、A/D子系统破坏、与间距不足相关的闪络、不适当的接地、供电中断、屏蔽问题、目标失败、显示关闭和更多其它问题。

重要的是要注意到，试验的严酷度主要由快速的电流和瞬态电压的组合以及与此事件联系在一起的电磁干扰决定。与高阻抗结合的7 kA峰值电流和强耦合接地提供能量。对每个试验结构试验15次正极性和15次负极性冲击的系列用来记录复杂的EMI干扰与受试系统的相互作用的统计特征。还应该注意，规定的接地（电线规格、导线间距及其长度）作为试验装置的一部分促成了试验的一致性。例如，以截面为2.5mm^2的导线在15 cm间距的情况下代表了恶劣的试验情况且比起在实际使用中更普通更适合使用的截面为14mm^2的导线在30 cm间距下的试验来更容易在实验室里做到。图B.1给出了一典型的试验发生器总体布置图。图B.2表示受试装置两端一个典型的浪涌电压波形。观察放大的电流曲线显示出最初的电流以超过22 kA/μs的上升速率在小于0.1 μs内上升到约2.2 kA。电流也在两个连续的峰值达到7 kA。应该强调的是，DUT是一个系统组合体，这个组合体包括重合器开关装置、重合器控制器、连接电缆和他们各自有效接地的装置。



图例：

- A_1——涌流
- C_1——充电电容器
- C_2——滤波电容器
- DS——放电开关
- DUT CTRL——受试装置（控制器）
- DUT SWGR——受试装置（重合器开关设备）
- ISW——起动开关（合闸开关）
- R_1——放电电阻
- R_2——限流电阻
- RG——棒型放电间隙
- V_1——充电电压
- V_2——试验电压

图 B.1 浪涌试验回路

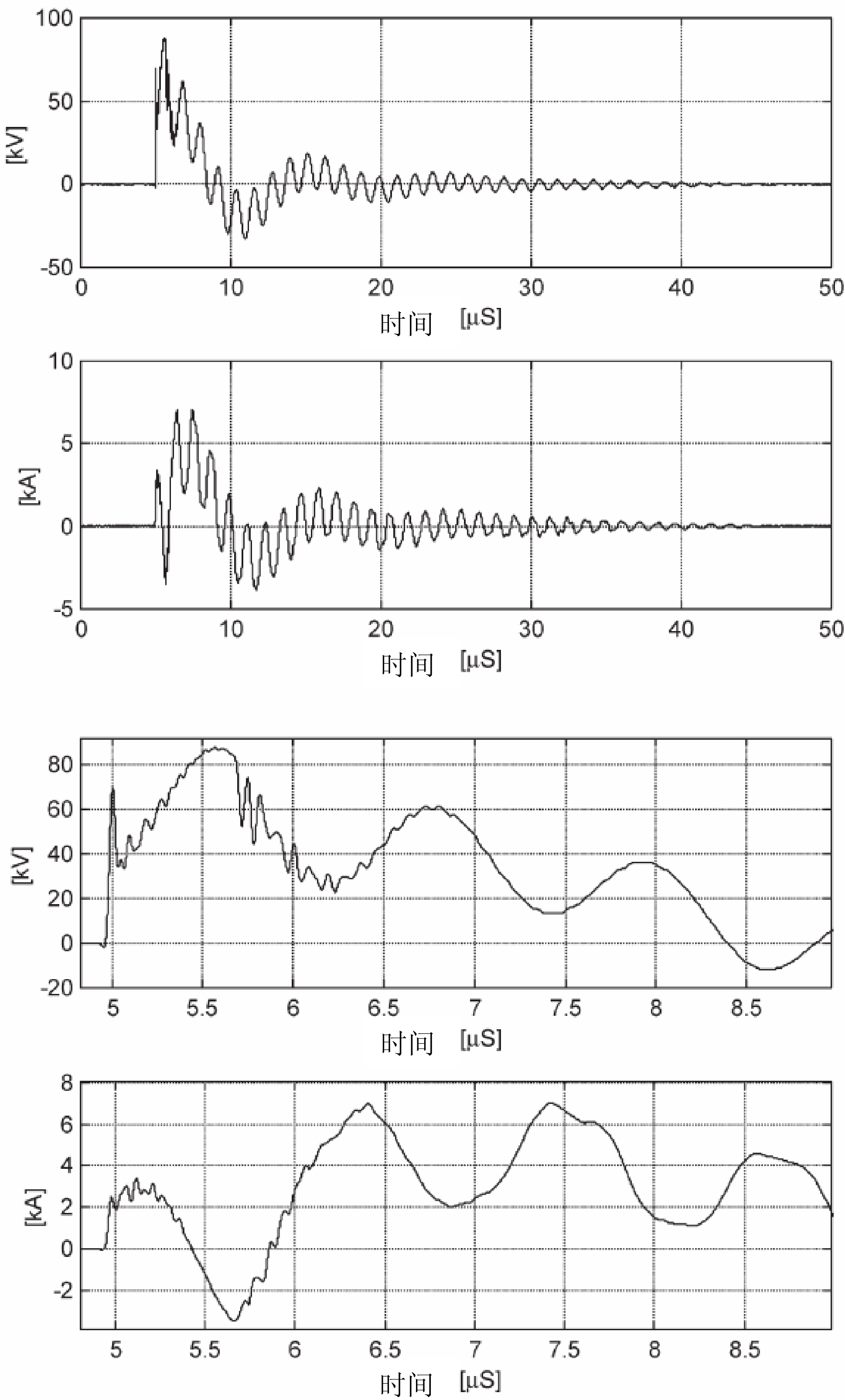


图 B.2 典型的浪涌电压和电流波形

附　录　C

（规范性附录）

油重合器部分额定值的补充及性能特点

C.1　概述

在国外，1960年以前设计的重合器大多是液压控制的串联脱扣重合器，并且这些重合器都采用油灭弧室，后来设计的重合器引入了电子控制装置并采用了真空和SF_6灭弧技术。

我国在上世纪八十年代从国外引进了重合器，有些企业一直有油重合器在生产，电力系统中也有一定数量的油重合器在运行，本附录给出油重合器的部分额定参数，供参考使用。

C.2　油重合器的额定值

C.2.1　额定电流优选值

油重合器额定电流的优选值见表C.1。

表C.1　油重合器额定电流的优选值

重合器类型	优选电流额定值（A）
串联脱扣重合器	5，10，20，25，40，50，80，100，200，400，630
并联脱扣重合器	50，100，200，400，630，1250

C.2.2　额定短路开断电流优选值

油重合器额定短路开断电流的优选值见表C.2。

表C.2　油重合器额定短路开断电流的优选值

表C.2a 单相重合器

额定电流（A）	额定短路开断电流额定值（A）						
	重合器序号（对应于表C.3第1栏）						
	1	2	3	4	5	6	7
	额定电压（kV）						
	12	12	12	12	24	24	40.5
5	125	200	—	—	200	—	—
10	250	400	—	—	400	—	—
20	400	630	—	—	630	—	—
25	630	1 000	1 600	—	1 000	—	—
40	800	1 600	2 500	—	1 250	1 600	—
50	1 250	2 000	3 150	—	2 000	3 150	—
80		2 000	4 000	—	2 500	4 000	—
100	—	2 000	4 000	6 300	2 500	4 000	6 300
200	—	—	4 000	10 000	—	4 000	8 000
400	—	—	—	10 000	—	—	8 000
630	—	—	—	10 000	—	—	8 000

表C.2b 三相重合器

额定电流（A）	额定短路开断电流额定值（A）						
	重合器序号（对应于表C.4第1栏）						
	1	2	3	4	5和9	8	13
	额定电压，kV						
	12	12	12	12	12和24	24	40．5
5	125	200	—	—	—	200	—
10	250	400	—	—	—	400	—
20	400	630	—	—	—	600	—
25	630	1 000	1 600	1 600	—	1 000	1 600
40	800	1 600	2 500	2 500	—	1 400	2 000
50	1 250	2 000	3 150	3 150	—	2 000	3 150
80	—	2 000	4 000	4 000	—	2 500	4 000
100	—	2 000	4 000	4 000	6 300	2 500	6 300
200	—	—	4 000	4 000	8 000	—	6 300
400	—	—	—	4 000	8 000	—	6 300
630	—	—	—	4 000	8 000	—	6 300

注： 相同重合器序号的性能要求与表C.3、表C.4中相同。

C.2.3 额定短路开断电流和性能特点优选值

油重合器额定短路开断电流和性能特点的优选值见表C.3、C.4。

表C.3　单相油重合器额定短路开断电流和性能特点的优选值

		电流额定值（A）		标准操作方式　（注1）						
				T20		T50		T100		总单元操作次数
				额定短路开断电流的百分数						
				10－20		45－55		100－110		
重合器序号	额定电压 kV	额定电流	额定短路开断电流	X/R（注3）	单元操作次数	X/R（注3）	单元操作次数	X/R（注3）	单元操作次数	
第1栏	第2栏	第3栏	第4栏	第5栏	第6栏	第7栏	第8栏	第9栏	第10栏	第11栏
1	12	50	1 250	2	40	4	40	8	20	100
2		100	2 000	2	32	5	24	10	12	68
3		200	4 000	3	32	6	20	12	12	64
		400								
4		630	10 000	4	28	8	20	（注 2）	8	56
5	24	100	2 500	2	32	5	24	12	12	68
6		200	4 000	3	32	6	20	13	12	64
7	40.5	630	8 000	4	28	8	20	（注 2）	8	56

注 1：　这是本标准中作为试验要求的性能特点的描述。

注 2：　时间常数为45 ms时，　X/R取14。

注 3：　为试验的目的，X/R之值为最小值，参考4.102和6.104.2。

表C.4　三相油重合器额定短路开断电流和性能特点的优选值

		电流额定值（A）		标准操作方式 （注1）						
				T20		T50		T100		总单元操作次数
				额定短路开断电流的百分数						
				10－20		45－55		100－110		
重合器序号	额定电压 kV	额定电流	额定短路开断电流	X/R （注3）	单元操作次数	X/R （注3）	单元操作次数	X/R （注3）	单元操作次数	
第1栏	第2栏	第3栏	第4栏	第5栏	第6栏	第7栏	第8栏	第9栏	第10栏	第11栏
1	12	50	1 250	2	40	4	40	8	20	100
2		100	2 000	2	32	5	24	10	12	68
3		200	4 000	3	32	6	20	12	12	64
4		400								
5		630	8 000	3	28	7	20	（注 2）	8	56
6		630	16 000	4	28	8	20	（注 2）	8	56
7		1 250								
8	24	100	2 500	2	32	5	24	12	12	68
9		630	8 000	4	28	8	20	（注 2）	8	56
10		630	10 000							
11		1 250	8 000							
12		630	12 500							
13	40.5	630	6 300	4	28	8	24	（注 2）	8	60

注 1：　这是本标准中作为试验要求的性能特点的描述。

注 2：　时间常数为45 ms时， X/R取14。

注 3：　为试验的目的，X/R之值为最小值，参考4.102和6.104.2。

参考文献

IEEE Std C 37.90™－1989 与电源设备有关的继电器和中继系统

IEEE Std C 37.90.1 ™－2002(SWC) 与电力装置相关的继电器和中继系统的耐电涌性能（SWC）试验

IEEE Std C 37.90.2™－1995（RF 敏感性）无线电收发信机辐射电磁干扰中断系统的抵抗能力

IEEE Std C 37.90.3™－2001 保护继电器的静电释放试验

JB/T 7570-1994　交流高压自动重合器

JB/T 8738－2008　高压交流开关设备用真空灭弧室。